

***Multi-Layer Stream Mapping* para a gestão da eficiência de sistema marinho fechado**

Joana Correia Afonso Oliveira

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Manuel Pina Marques



Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão

2015-07-01

“Time you enjoy wasting is not wasted time.”

Marthe Troly-Curtin

Resumo

Este projeto de aplicação do *Multi-Layer Stream Mapping* foi desenvolvido no Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial (INEGI) para o Oceanário de Lisboa.

Esta ferramenta, enquadrada nos princípios da produção *lean*, procura fazer uma avaliação da eficiência dos sistemas analisados, mapeando-os e analisando de uma forma simples o binómio “valor acrescentado” *versus* “desperdício”. No final são construídos quadros de leitura simples e intuitiva de modo a que seja fácil e apelativo aos operacionais aplicarem nas suas atividades diárias.

Neste projeto a metodologia foi aplicada pela primeira vez a uma organização cujo resultado esperado das suas tarefas é o bem-estar das espécies que vivem nos habitats e a satisfação dos turistas que visitam as exposições.

Para este caso, a ferramenta foi aplicada a variáveis de controlo da responsabilidade de três departamentos diferentes (Biologia, Manutenção e Gestão de Topo), o que demonstra a versatilidade de áreas a que a ferramenta pode ser aplicada. Para além disso, foi realizado um estudo retrospectivo a partir de dados históricos da organização, algo que nunca tinha sido feito.

Com a aplicação da ferramenta aos dados passados da organização ficou claro que a informação recolhida pode ser bastante útil porque é possível associar os resultados a ações. Desta forma, conhecer o impacto que determinadas ações tiveram na eficiência pode ajudar a prevenir erros e a replicar boas práticas.

Multi-Layer Stream Mapping for the management of enclosed marine system efficiency

Abstract

The implementation of Multi-Layer Stream Mapping in this project was developed at the Institute of Mechanical Engineering and Industrial Management (INEGI) for Oceanário de Lisboa.

This tool, framed on the principles of lean production, seeks to evaluate the efficiency of the analyzed systems, mapping them and analyzing the duality "added value" vs. "waste" in a simple way. At the end dashboards are created with a simple and intuitive reading, so it's easy and appealing for the collaborators to use them in their daily activities.

In this project, the methodology was applied for the first time in an organization whose purpose is the welfare of the species who live in the habitats and the satisfaction of the tourists that visit exhibitions.

For this case, the tool was applied to variables controlled by three different departments (Biology, Maintenance and Top Management) which demonstrates the variety of areas to which the tool can be applied. In addition, a retrospective study was performed from historical data of the organization (something that had never been done before).

With the application of the tool to the past data of the organization it became clear that the collected information can be useful, as it's possible associate the results with actions. In this way, to know the impact that certain actions had on efficiency can help prevent mistakes and replicate good practices.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer aos meus dois orientadores deste projeto de dissertação por todo o apoio e ajuda demonstrados para o sucesso do mesmo, o Professor Manuel Pina Marques, docente do Departamento de Engenharia e Gestão Industrial da FEUP, e o Doutor António Baptista, gestor de projetos na unidade de Desenvolvimento de Produto e Sistemas do INEGI.

Gostaria também de agradecer ao Engenheiro Tiago Morais, responsável pelo grupo de Tecnologias para o Mar do INEGI, pela disponibilidade e interesse ao longo de todo este projeto.

De igual modo, aos responsáveis do Oceanário de Lisboa que estiveram diretamente ligados a este projeto, João Ribeiro, Rita Alves, Hugo Batista e João Falcato, pela disponibilidade e recetividade demonstradas ao longo dos últimos meses.

Gostaria de aproveitar este momento para agradecer a oportunidade que o INEGI me deu de contribuir para o desenvolvimento de uma ferramenta em franca ascensão.

À minha família, que sempre se preocupou com a minha formação pessoal e profissional, tenho a agradecer a oportunidade que me deu em ter acesso a uma formação superior de qualidade.

Por último, quero agradecer a todos os meus amigos, e em especial àqueles que partilharam comigo os últimos cinco anos, o seu carinho, companheirismo e boa disposição. Acredito que a nossa amizade, partilha, generosidade e entreajuda foram os elementos-chave para o nosso sucesso académico e crescimento pessoal. Com eles aprendi e apreendi muito do conhecimento que não vem nas pesadas sebatas e chego ao fim com a sensação de dever cumprido.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação	1
1.2	O Projeto aplicação do <i>Multi-Layer Stream Mapping</i> para a gestão de eficiência no Oceanário de Lisboa	3
1.3	Objetivos do projeto	4
1.4	Metodologia adotada	4
1.5	Estrutura da dissertação	5
2	Revisão da Literatura	6
2.1	A Metodologia do <i>Lean Manufacturing</i>	6
2.2	Mapeamento da Cadeia de Valor (<i>Value Stream Mapping – VSM</i>)	8
2.3	Indicadores de Desempenho	12
2.4	Gestão Visual	13
2.5	Multi-Layer Stream Mapping	14
2.6	Melhoria Contínua	17
3	Aplicação do <i>Multi-Layer Stream Mapping</i> ao caso em estudo	18
3.1	Descrição do problema	18
3.2	Implementação do MSM	19
3.3	Indicadores de performance.....	21
3.4	Indicadores de <i>performance</i> do projeto	22
3.4.1	Biologia	22
3.4.2	Manutenção	24
3.4.3	Gestão de Topo	29
4	Apresentação dos <i>Dashboards</i> desenvolvidos	31
4.1	<i>Dashboards</i> de eficiência para a equipa de Biologia	31
4.2	<i>Dashboard</i> de eficiência para a equipa de Manutenção.....	32
4.2.1	Energia Elétrica	33
4.2.2	Energia Térmica	38
4.2.3	Água	40
4.3	<i>Dashboard</i> de eficiência para a Gestão de Topo.....	41
4.3.1	Energia e Água	41
4.3.2	Visitantes	42
4.4	Discussão de Resultados.....	43
4.5	Propostas de Melhoria	44
5	Conclusões.....	46
	Referências	48
	ANEXO A: <i>Dashboards</i> mensais das variáveis de Biologia	51
	ANEXO B: Diagrama de Pareto para o consumo de água nos diferentes edifícios	54

Siglas

DEMEGI – Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

DPS – Desenvolvimento de Produto e Sistemas

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

INEGI – Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial

KPI – *Key Performance Indicator*

LSS – *Life Support System*

MSM – *Multi-Layer Stream Mapping*

ORP – Potencial de Oxidação-Redução

UMEC – Unidade de Materiais e Estruturas Compósitas

UTA – Unidade de Tratamento de Ar

VSM – *Value Stream Mapping*

Índice de Figuras

Figura 1 - Organograma do INEGI (INEGI 2011)	2
Figura 2 - Exemplo de um mapeamento da cadeia de valor segundo a metodologia VSM (Vargas 2009-2015).....	9
Figura 3 - Exemplo da abordagem do <i>Multi-Layer Stream Mapping</i> (Baptista, Lourenço, e Pereira 2014).....	15
Figura 4 - Aspeto visual do <i>Multi-Layer Stream Mapping</i> final (Baptista, Lourenço, e Pereira 2014).....	16
Figura 5 - Escala de cores adotada no MSM (Baptista, Lourenço, e Pereira 2014)	17
Figura 6 - Pirâmide de agregação dos KPI's por ordem temporal (Fraga 2014)	22
Figura 7 - Esquema ilustrativo do que acrescenta valor e não acrescenta valor nos parâmetros da Biologia.....	23
Figura 8 - Esquema ilustrativo do que acrescenta valor e não acrescenta valor no consumo de energia térmica e elétrica.....	25
Figura 9 - Esquema ilustrativo do que acrescenta e não acrescenta valor relativamente aos visitantes obtidos	29
Figura 10 - Análise de eficiência MSM anual de fatores biológicos do habitat T-1 que se encontram dentro dos targets.....	32
Figura 11 - Análise de eficiência MSM para o consumo anual de Energia Elétrica nos LSS [kWh].....	34
Figura 12 - Análise de eficiência MSM para o consumo anual de Energia Elétrica nas UTA [kWh].....	35
Figura 13 - Análise de eficiência MSM para o consumo mensal de Energia Elétrica das UTA em 2012 [kWh].....	36
Figura 14 - Análise de eficiência MSM para o consumo semanal de Energia Elétrica das UTA em março de 2012 [kWh]	36
Figura 15 - Análise de eficiência MSM para o consumo semanal de Energia Elétrica das UTA em março de 2012 [kWh]	37
Figura 16 - Análise de eficiência MSM para o consumo diário de Energia Elétrica da UTA 3 e da UTA8 em março de 2012 [kWh]	37
Figura 17 - Análise de eficiência MSM para o consumo anual de Energia Térmica nas UTA [kWh].....	39
Figura 18 - Análise de eficiência MSM cc	41
Figura 19 - Análise de eficiência MSM anual de fatores estratégicos relativos à energia e água de toda a organização	42
Figura 20 - Análise de eficiência MSM anual de fatores estratégicos relativos ao número de visitantes	43

Índice de Tabelas

Tabela 1 - <i>Targets</i> dos indicadores de Biologia, relativos ao tanque Central	32
Tabela 2 - <i>Targets</i> dos indicadores de consumo de Energia Elétrica, relativos às <i>Life Support System</i> (LSS), do Departamento de Manutenção [kWh/m ³]	33
Tabela 3 - <i>Targets</i> dos indicadores de consumo de Energia Elétrica, relativos às Unidades de Tratamento de Ar (UTA), do Departamento de Manutenção [kWh/dia]	33
Tabela 4 - <i>Targets</i> dos indicadores de consumo de Energia Térmica, relativos às Unidades de Tratamento de Ar (UTA), do Departamento de Manutenção [kWh/dia]	38
Tabela 5 - <i>Targets</i> dos indicadores de consumo de Água, relativos ao Departamento de Manutenção [m ³ /visitante].....	40
Tabela 6 - Objetivos anuais dos indicadores de Energia e Água, relativos à Gestão de Topo.	41
Tabela 7 - Objetivos anuais dos indicadores de visitantes, relativos à Gestão de Topo	42

1 Introdução

Neste capítulo é feita a apresentação do INEGI, organização onde foi realizada a presente dissertação e do Oceanário de Lisboa, onde a metodologia será aplicada. De seguida é feita uma breve explicação da aplicação do *Multi-Layer Stream Mapping* no estudo da eficiência de variáveis de performance do Oceanário de Lisboa e dos objetivos deste projeto. Numa fase seguinte é descrita a metodologia seguida para o desenvolvimento deste projeto, explicado em que contexto o estudo foi realizado e como os principais resultados esperados serão obtidos e apresentados.

Finalmente é feita uma pequena descrição dos temas que serão abordados no presente relatório e a sua organização no mesmo.

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

O desafio da presente dissertação passa pela aplicação de uma nova ferramenta desenvolvida no INEGI, designada por MSM^{®1} - *Multi-Layer Stream Mapping*, a qual tem raízes no VSM (*Value Stream Mapping*), popular ferramenta de produção *lean*, que introduz uma visão descomplicada à análise do binómio “valor acrescentado” *versus* “desperdício”. Esta ferramenta tem como ponto-chave a capacidade de analisar um dado processo de modo fácil e apelativo para os operacionais, ao mesmo tempo que devolve um *dashboard* de leitura simples e intuitiva (ou seja, útil a toda a organização).

A aplicação do *Multi-Layer Stream Mapping* na gestão de eficiência de um sistema marinho fechado surge como uma oportunidade para alavancar esta ferramenta, criada na Unidade de Desenvolvimento de Produto e Sistemas (DPS) do INEGI, e torná-la cada vez mais reconhecida como um forte veículo de melhoria contínua para as organizações. Para além disso, a sua aplicação neste contexto, em articulação com a Unidade TECMAR do INEGI, Unidade especializada nas áreas de investigação e consultoria associadas à Economia do Mar, permite explorar a sua versatilidade a todos os tipos de organizações e comprovar que não está limitada aos casos em que a cadeia de valor está totalmente definida e os processos devidamente sequenciados.

A organização alvo deste projeto é o Oceanário de Lisboa que, para além de ser um sistema bastante complexo, lida com vários fatores responsáveis pelo bem-estar das espécies dos diferentes habitats, em simultâneo. Para além disso, é um dos principais atrativos nacionais e é internacionalmente reconhecido como um Oceanário de referência. Para manter este selo de qualidade e competitividade mundial, numa altura em que os recursos financeiros disponíveis tendem a diminuir, é essencial que a organização seja cada vez mais eficiente e que os desperdícios dos processos sejam gradualmente eliminados.

¹ Feito pedido do registo do Sinal no Instituto Nacional da Propriedade Industrial

O INEGI

O INEGI (Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial) é uma organização que deu os seus primeiros passos em 1986, dentro do Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial (DEMEGI) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP). Trata-se de uma instituição com o estatuto de “Utilidade Pública” que assume o papel de interface entre a universidade e a indústria, fortemente vocacionada para a atividade de inovação e transferência de tecnologia para o tecido industrial.

A sua missão, que corresponde à sua razão de ser, passa por “contribuir para o aumento da competitividade da indústria nacional através da investigação e desenvolvimento, demonstração, transferência de tecnologia e formação nas áreas de conceção e projeto, materiais, produção, energia, manutenção, gestão industrial e ambiente” (INEGI 2011).

A visão de uma organização corresponde, para além de como ela espera ser vista por todos, ao caminho que ela pretende percorrer de forma a atingir os seus objetivos a médio e longo prazo. No caso do INEGI, a visão da organização é “ser uma Instituição de referência, a nível nacional, e um elemento relevante do Sistema Científico e Tecnológico Europeu, com mérito e excelência na Inovação de base Tecnológica e Transferência de Conhecimento e Tecnologia” (INEGI 2011).

A estrutura organizativa do INEGI está centrada em três principais setores de atividade: a Investigação, a Consultoria e Serviços e a Inovação e Transferência de Tecnologia. A unidade onde foi desenvolvido este projeto, o DPS, faz parte deste último setor e será exposto de seguida. Na Figura 1 é apresentado o organograma do INEGI.

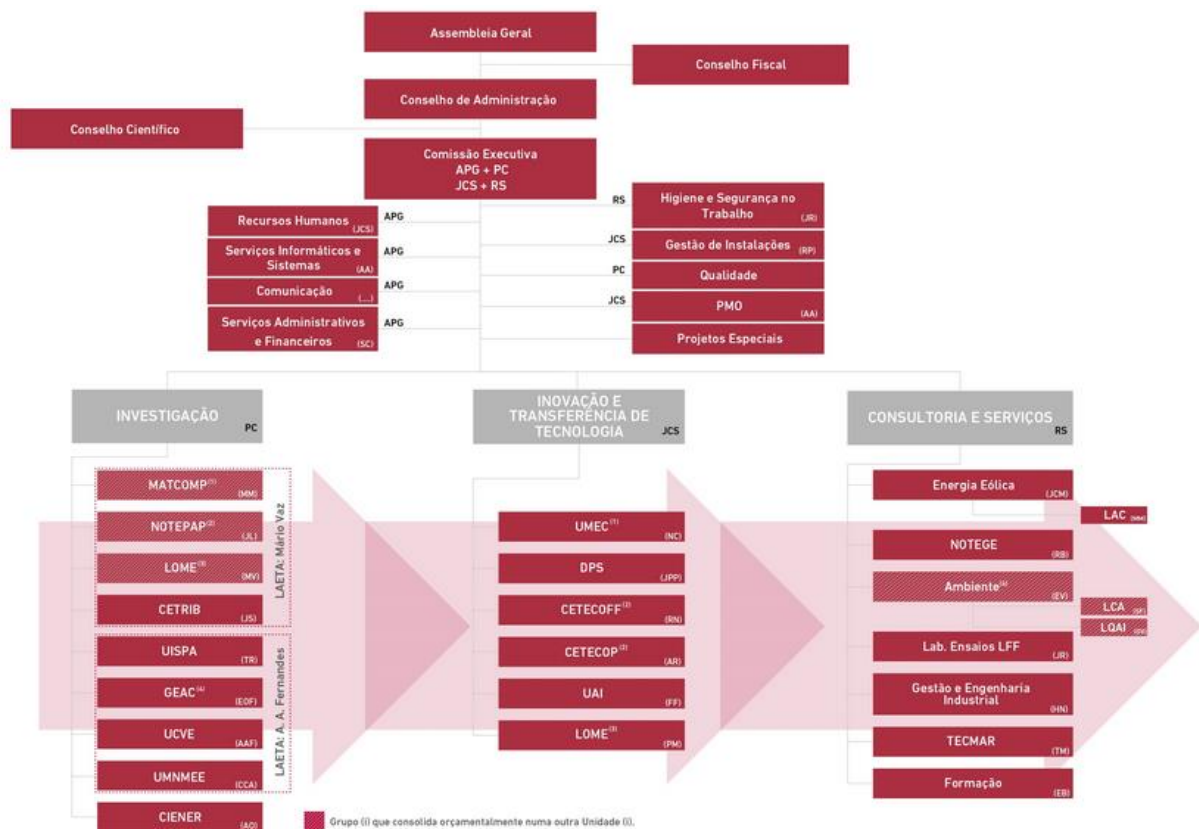


Figura 1 - Organograma do INEGI (INEGI 2011)

Apresentação do DPS

A Unidade de Desenvolvimento do Produto e Sistemas (DPS), na qual foi desenvolvido este projeto de dissertação, representa uma unidade de investigação, desenvolvimento e transferência de tecnologia que tem conferido um grande prestígio e tradição ao instituto.

Esta unidade possui *know-how* capaz de acompanhar todas as fases de desenvolvimento de um novo produto ou sistema. Esta competência permite-lhe abranger todo o ciclo de vida do produto e por isso estar presente desde a geração de ideias e conceitos, conceção e projeto, até ao acompanhamento da fabricação de protótipos e arranque da produção.

1.2 O Projeto aplicação do *Multi-Layer Stream Mapping* para a gestão de eficiência no Oceanário de Lisboa

A introdução das metodologias e ferramentas de produção *lean* continua a suscitar algumas dificuldades de implementação porque muitas vezes é complexo inserir estes conceitos e ferramentas de aumento de eficiência em algumas organizações, nomeadamente pela sua dificuldade interpretativa ou de utilização. Paralelamente, há atualmente uma forte pressão do lado da escassez de matérias-primas e dos recursos que provoca custos base acrescidos. Por esse motivo pode não ser necessário atuar apenas sobre a produtividade de um sistema mas também sobre a eficiência dos recursos e do controlo dos processos.

O objetivo deste projeto passa por implementar e testar esta nova ferramenta, tanto de um ponto de vista de produção *lean* (focalização no valor e em produzir mais com cada vez menos), como de um ponto de vista de redução de recursos (focalização na diminuição de recursos usados e consequentemente na redução do seu impacto ambiental).

A aplicação desta ferramenta no Oceanário de Lisboa, responsável por um sistema marinho fechado de grandes dimensões onde são mantidas plantas e animais aquáticos vivos que podem ser estudados ou visitados, terá lugar tanto no seu departamento de manutenção como no de biologia e em indicadores estratégicos para a gestão de topo. A necessidade de fazer um trabalho ampliado a estas três áreas deriva de cada uma delas necessitar de controlar um número alargado de variáveis para verificar a eficiência do sistema global, ao mesmo tempo que garante a total comodidade a todas as espécies.

O Oceanário de Lisboa foi inaugurado em 1998 no âmbito da última exposição mundial do século XX, a Expo 98, com o tema “Os oceanos, um património para o futuro”. Este oceanário, totalmente dedicado aos oceanos e à sua conservação, é o segundo maior do mundo e, para além de conter uma vasta gama de espécies distribuídas pelos diferentes tanques, recebe anualmente cerca de 1 milhão de visitantes sendo, por isso, o espaço cultural mais visitado do país. Da estrutura fazem parte dois edifícios: o original, inaugurado em 1998 com o nome de “Edifício dos Oceanos”; e o mais recente “Edifício do Mar”, inaugurado em 2011. Estas obras arquitetónicas procuram equilibrar a beleza do fundo dos oceanos e garantir que todas as exposições em curso sejam de excelência e inesquecíveis para quem as visita. São igualmente importantes as atividades de carácter educativo, que são continuamente desenvolvidas para mostrar os oceanos, os seus habitantes e os atuais desafios ambientais, e as colaborações com instituições de investigação científica, conservação da biodiversidade marinha e promoção do desenvolvimento sustentável dos oceanos.

A missão do Oceanário de Lisboa é “promover o conhecimento dos oceanos, sensibilizando os cidadãos em geral para o dever da conservação do património natural, através da alteração dos seus comportamentos” (Lisboa 2011).

A sua visão está intimamente relacionada com o seu nível de responsabilidade civil ao promover que “a conservação dos oceanos é uma responsabilidade de todos” (Lisboa 2011).

Os valores de uma organização dizem respeito às convicções e princípios que fundamentam o modo de conduta da mesma. O Oceanário de Lisboa, o Grupo Parque Expo e como consequência direta, os seus colaboradores, têm como valores centrais à sua atividade a integridade, rigor, lealdade, justiça e equidade, firmeza, verdade, dignidade e inovação. (Lisboa 2011).

Em 2002, o Oceanário de Lisboa começou um processo de implementação de um sistema de gestão da qualidade e ambiente. Este tipo de sistemas dizem respeito a estratégias essenciais para que sejam obtidas soluções capazes de cumprir e/ou superar as crescentes exigências ambientais e de satisfação de clientes, fornecedores e colaboradores, além de traduzir credibilidade, competitividade e utilidade social.

Em 2003, o Oceanário de Lisboa obteve uma certificação do Sistema de Gestão da Qualidade e Ambiente, de acordo com as normas NP EN ISO 9001 e NP EN ISO 14001, e em 2005, o seu sistema foi registado no EMAS (*Eco-Management and Audit Scheme*). Num futuro próximo, a organização pretende alargar o sistema também à vertente de Responsabilidade Social uma vez que os anteriores esforços contribuíram para uma gestão mais eficaz e eficiente da mesma.

1.3 Objetivos do projeto

Até à data o foco da organização foi sempre os níveis dos seus consumos, havendo um controlo dos principais gastos e um esforço em reduzir os mesmos sem comprometer o bem-estar das espécies.

O esforço de poupança concentrou-se, até ao momento, na energia consumida, uma vez que a racionalização dos alimentos e medicamentos nunca foi uma hipótese. Relativamente a estas duas variáveis nunca houve uma preocupação em reduzir os seus custos porque não representam uma fatia significativa do orçamento nem faria sentido privar estes animais de todas as comodidades de que necessitam para estarem saudáveis.

Com a aplicação do MSM procura-se controlar os gastos normais da atividade da organização, assim como alargar o espectro de análise a variáveis de qualidade dos diversos setores, de modo a perceber as diferenças nos níveis de eficiência e sobre isso encontrar novas oportunidades de melhoria

Após a sua aplicação serão obtidos uns *dashboards* com o resultado da eficiência das variáveis analisadas. Dada a natureza de forte componente de gestão visual da ferramenta, os resultados serão suficientemente alarmistas para os casos de baixa eficiência ou assinalar transições bruscas de eficiência.

No final é esperado que os resultados consigam traduzir de uma forma fiel a realidade da organização uma vez que serão processados dados decorrentes de mais de seis anos de atividade e uma quantidade elevada de informação valoriza a aplicação da ferramenta.

1.4 Metodologia adotada

A metodologia utilizada neste projeto consistiu num levantamento de todas as variáveis que necessitavam de ser controladas dentro do sistema em causa e posterior elaboração dos indicadores de performance adequados à realidade da organização. A partir daí realizou-se um tratamento exaustivo dos dados previamente armazenados e foram calculados os valores da eficiência. Por fim foram identificados os pontos críticos de ineficiência, determinada a sua origem e estudadas oportunidades de melhoria que permitissem reduzir essa mesma ineficiência.

Houve ainda tempo para algum trabalho de campo e interação com o corpo técnico do *shop-floor*. Este método de trabalho tem como objetivo, não só permitir a devida customização da ferramenta à organização, como uma implementação eficaz da mesma

Estudo e Desenvolvimento de *dashboards*

O estudo é feito recorrendo-se a dados históricos e são apresentados exemplos de *dashboards* MSM que seriam úteis, no caso particular desta organização, para avaliar a sua eficiência. Porém, a análise realizada é estática (manual e limitada pelos resultados obtidos) porque se refere a um conjunto de dados existentes até à data. Com a implementação de um *software* para este sistema, a base de dados seria continuamente alimentada e os *dashboards* obtidos seriam sempre atualizados porque iriam conter a informação mais recente.

Apesar do *software* de apoio à ferramenta ainda não estar em desenvolvimento, a parte mais complexa de todo o modelo de utilização, customizado para o Oceanário de Lisboa, foi desenvolvida. Os exemplos demonstrados são suficientes para provar o potencial da ferramenta e a informação relevante que deve ser disponibilizada pela organização foi cuidadosamente levantada. Desta forma, após selecionadas as variáveis e os indicadores relevantes para o caso, assim como elaborados os *dashboards* MSM correspondentes, a aplicação desta ferramenta na organização exigirá que seja feita a sua tradução para linguagem computacional com ligação direta à base de dados interna.

1.5 Estrutura da dissertação

A dissertação está dividida em cinco capítulos principais. Neste primeiro capítulo é feita uma breve introdução ao projeto. No segundo, procura-se documentar o que está a ser feito atualmente no campo em estudo, de forma a se perceber quais foram os contributos obtidos com a realização desta tese. No capítulo seguinte, o problema que deu origem a este projeto é descrito com maior profundidade, exposto como é que o MSM foi aplicado a este caso e detalhados todos os dados recolhidos. No quarto capítulo são expostos os *templates* correspondentes a cada área da organização estudada, bem como os resultados obtidos com o tratamento dos dados recolhidos, a sua discussão e propostas de melhoria que maximizem a eficiência da organização.

No último capítulo é conduzida uma reflexão sobre o sucesso do projeto, as suas mais-valias e principais resultados obtidos, assim como algumas sugestões de trabalhos futuros a serem desenvolvidos neste âmbito.

2 Revisão da Literatura

Neste capítulo será feita uma breve revisão da literatura sobre os tópicos mais relevantes para este projeto.

2.1 A Metodologia do *Lean Manufacturing*

A produção *lean* ou Sistema Toyota de Produção, conhecida como *Lean Manufacturing* ou *Toyota Production System* (TPS) foi desenvolvida pela Toyota Motor Corporation com o objetivo de responder às suas necessidades específicas, numa altura em que o mercado era restrito e a economia estava instável devido ao fim da II Guerra Mundial.

Em 1950 Eiji Toyoda assume a presidência da Toyota depois do seu primo Kiichiro Toyoda (presidente e fundador) renunciar ao cargo devido a uma grave disputa trabalhista. Perante as dificuldades da época, em que a procura de produtos havia aumentado, mas a exigência dos consumidores levava a que os ciclos de vida dos produtos fossem cada vez menores, decidiu visitar as fábricas da Ford e da General Motors (GM) para estudar a sua produção em massa.

Quando voltou ao Japão, Toyoda, juntamente com Ohno (engenheiro e diretor de produção da Toyota), rapidamente percebeu que o sistema de produção em massa, estabelecido por Henry Ford (Ford) e Alfred Sloan (GM) após a I Guerra Mundial, que contrastava com séculos de produção artesanal liderados por empresas europeias, não funcionaria no seu país. As principais razões estavam relacionadas com a pequena dimensão do mercado doméstico e a imposição de uma grande variedade de veículos: carros de luxo para os oficiais do governo, grandes camiões para o transporte de bens, pequenos camiões para os agricultores e carros pequenos para as cidades e para fazer face aos elevados preços energéticos (Gomes 2012; Womack, Jones, e Roos 1990).

Estas restrições não foram suficientes para abalar a confiança de Toyoda e Ohno que, mesmo assim, continuaram convencidos de que conseguiriam tornar a Toyota uma força competitiva no mercado automóvel desde que conseguissem usar alguns elementos de Ford e Sloan, adaptá-los à sua escala e realidade e aplicar algum engenho (Manotas Duque e Rivera Cadavid 2007).

Na essência, o que eles fizeram foi mudar o foco de atenção, que até então incidia na máquina e na otimização da estação de trabalho, para o fluxo do produto, através do controlo de todo o processo e da implementação de algumas ideias inteligentes e simples (Womack e Jones 2003). Com base na aplicação de trocas rápidas de ferramentas, descobriram que produzir pequenos conjuntos de veículos era mais barato que produzir em grandes lotes devido ao menor custo de manutenção de *stocks* e porque a deteção de erros durante o processo produtivo era mais evidente (Gomes 2012).

O termo “pensamento *lean*” (*lean thinking*) foi descrito pela primeira vez por Womack et al (1990) no livro "A Máquina que Mudou o Mundo", baseado em cinco anos de estudo observando as diferenças entre a produção em massa, a produção artesanal e a produção *lean*, na indústria automóvel. Aquele termo refere-se aos dois conceitos fundamentais desta

“filosofia” de pensamento: a eliminação de desperdícios e a redução significativa de custos. A esta filosofia está também associada uma produção com “zero *stock*” de forma a aumentar a visibilidade dos fluxos de produtos e otimizar a utilização da capacidade instalada (de Haan, Yamamoto, e Lovink 2001).

O pensamento *lean* é apresentado como um antídoto para o desperdício porque incorpora uma forma de fazer mais com cada vez menos, enquanto se fornece aos clientes aquilo que eles realmente procuram. Os resultados obtidos com a implementação dos princípios de produção *lean* incluem menos defeitos, maior capacidade produtiva, maior satisfação do cliente e aumento do lucro. Estes resultados derivam de uma melhor organização da sequência de tarefas que agregam valor, a condução dessas tarefas sem interrupções quando alguém as solicita e a realização dessas mesmas tarefas com uma eficiência cada vez maior (Barber e Tietje 2008; Ribeiro 2013; Womack e Jones 2003).

Mais tarde, Womack e Jones (2003) propuseram os seguintes princípios para eliminar todos os tipos de desperdício dos processos produtivos: (1) especificação do valor desejado pelo cliente, (2) identificação do fluxo de valor, quer de materiais quer de informação, e eliminação do desperdício, (3) constituição de um fluxo contínuo, quer de materiais quer de informação, (4) introdução do sistema de produção puxada e (5) alcance da perfeição. Do seu ponto de vista, todos estes princípios partem de um elemento crítico chamado “valor”. O valor apenas pode ser definido pelo cliente, mas pode medir a eficiência do produtor quando o produto é entregue a um preço razoável, no tempo apropriado e nas quantidades certas.

A produção *lean* usa um conjunto de técnicas e atividades, como o *Just in time*, a produção em células, a manutenção produtiva total (*Total Productive Maintenance*), a troca rápida de ferramentas (*single-minute exchange of die*) ou o nivelamento da produção, para desenvolver a produção industrial ou os serviços. Dependendo da aplicação, a técnica ou a atividade usada deve estar de acordo com o fim a que se destina, mesmo que todas tenham o mesmo princípio fundamental: eliminar todas as atividades que não agregam valor e que são por isso desperdícios (Rahani e al-Ashraf 2012).

Estas técnicas têm contribuído para aumentos de eficiência elevados, velocidade de resposta e flexibilidade na produção, eliminação de resíduos e flexibilidade na implementação destes processos. Esta filosofia permitiu que muitas empresas pudessem oferecer uma gama diversificada de produtos ao menor custo, com um elevado nível de produtividade, com prazos de entrega reduzidos, com níveis de *stock* mínimos e com uma qualidade ideal (Cuatrecasas Arbós 2002).

A produção *lean* é muito mais do que uma técnica de fabrico. Trata-se de uma forma diferente de ver as relações de trabalho, a forma como as operações são feitas e o valor que é acrescentado (Manotas Duque e Rivera Cadavid 2007).

Os produtores que têm aumentado os esforços para melhorarem a sua eficiência e competitividade têm adotado princípios de produção *lean*, redesenhando o fluxo de trabalho no chão de fábrica e estabelecendo parcerias com outros membros da cadeia de valor para oferecer maior qualidade e eficiência ao cliente final. Os resultados que têm sido obtidos com a aplicação desta filosofia incluem menos defeitos, uma maior capacidade de produção, uma maior satisfação do cliente e uma maior lucratividade (Barber e Tietje 2008).

O sucesso da produção *lean*, primeiro alcançado pela Toyota e mais tarde por muitas outras organizações em todo o mundo que adotaram esta filosofia, tem levado muitas empresas a iniciarem projetos neste âmbito para eliminarem desperdícios e melhorarem significativamente a sua performance (Bortolotti, Boscari, e Danese 2015).

2.2 Mapeamento da Cadeia de Valor (*Value Stream Mapping - VSM*)

Emiliani (1998), baseado em Womack e Jones (1996), apresenta-nos a cadeia de valor como sendo o conjunto de todos os processos e/ou atividades necessários para fazer chegar um produto ao cliente. A partir daqui, são distinguidas três categorias de atividades: (1) atividades que agregam valor, (2) atividades que não agregam valor mas que não podem ser evitadas e (3) atividades que não agregam valor, também designadas por desperdícios. Segundo Womack e Jones (2003), as atividades que agregam valor dizem respeito às tarefas que são necessárias ser executadas para se obter o produto final e que acrescentam valor aos clientes externos a ponto de eles estarem dispostos a pagar para ter esses trabalhos executados. Por outro lado, as atividades que não agregam valor, mas que não podem ser evitadas porque são completamente necessárias nas atuais circunstâncias, nem contribuem para a obtenção do produto final, nem acrescentam valor na perspectiva dos clientes externos. Os desperdícios, como não contribuem para a obtenção do produto final, nem acrescentam valor aos clientes externos, devem ser identificados e eliminados.

Rother e Shook (1999), responsáveis pela popularização do VSM (*Value Stream Mapping*) através do seu livro, apresentam a cadeia de valor como o conjunto de todas as ações (tanto as que agregam valor como as que não agregam valor) necessárias para trazer o produto ou serviço (ou um grupo de produtos ou serviços que usam os mesmos recursos) através dos fluxos principais, começando com a matéria-prima e terminando no cliente. Estas ações consideram não só o fluxo de matérias-primas como também o fluxo de informações e as operações internas dentro da cadeia de abastecimento. O objetivo final do VSM é identificar todos os tipos de desperdício dentro da cadeia de valor e tomar as devidas medidas para que estes sejam eliminados (Rother e Shook 1999; Womack e Jones 1996).

O VSM é uma das melhores ferramentas para mapear um processo e identificar os seus principais pontos críticos a fim de aumentar a produção. Porém, o facto de os dados usados determinísticos, faz com que não seja considerada a variabilidade real dos processos (Braglia, Frosolini, e Zammori 2009) pois, tratando-se de uma ferramenta estática, não pode descrever o comportamento dinâmico e não consegue lidar com qualquer tipo de complexidade ou incerteza (Rother e Shook 1999).

A cadeia de valor no VSM representa o valor que é realmente adicionado ao produto ou serviço, mesmo havendo uma alteração da sua forma ou função no mercado, para responder às necessidades dos clientes. O VSM é uma das ferramentas mais poderosas dentro das ferramentas da filosofia de produção *lean*, pois ajuda as organizações, que seguem esta filosofia, a planear, implementar e melhorar as suas atividades e processos. Fazer o mapeamento da cadeia de valor tem intrínseca a provocação de uma mudança, pois tem como último objetivo a eliminação das atividades que não são essenciais ou que não agregam valor, mas que consomem tempo e recursos. A construção de um VSM oferece detalhes que vão além da quantidade de informação que pode ser transmitida através de um fluxograma padrão (Manos 2006).

O mapeamento da cadeia de valor começa com a identificação de todas as atividades associadas a um produto ou serviço. Todo o fluxo de valor é então retratado visualmente sob a forma de um mapa com o estado atual (ilustração de como os processos da organização atuam no ambiente de trabalho atual). O mapa com a situação atual é então examinado sob a forma de desperdícios e atividades que não acrescentam valor, em particular aquelas que levam a uma sobreprodução e impedem um fluxo contínuo. No final é gerado um mapa com o estado futuro e que ilustra um fluxo de valor que minimiza o desperdício e aumenta o valor acrescentado, assim como um plano de ação para a implementação deste estado futuro (Barber e Tietje 2008).

O resultado da aplicação do VSM é um diagrama (ver exemplo na Figura 2) com a representação da cadeia de valor de uma organização (Rohac e Januska 2015). Com o objetivo de facilitar a compreensão de todo o processo a qualquer pessoa que não esteja familiarizada com ele, é comum recorrer-se a um conjunto de símbolos normalizados para fazer o mapeamento.

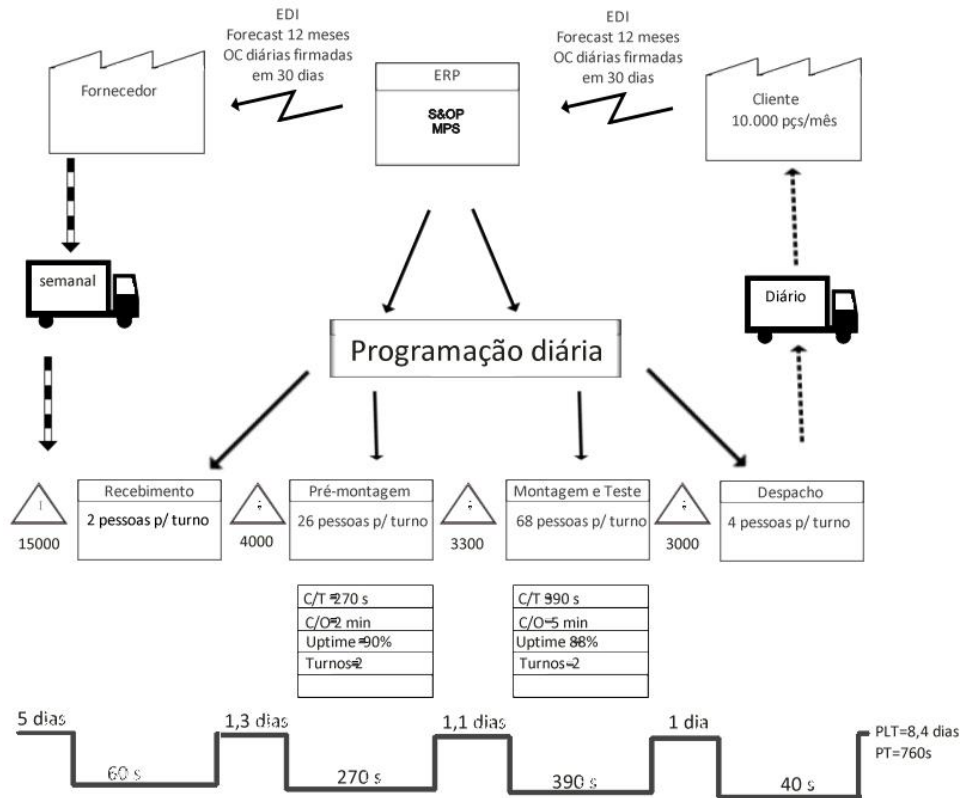


Figura 2 - Exemplo de um mapeamento da cadeia de valor segundo a metodologia VSM (Vargas 2009-2015)

Comparativamente a outras técnicas de mapeamento, o VSM oferece algumas vantagens (Braglia, Frosolini, e Zammori 2009):

1. Mostra a relação entre fluxo de produtos e fluxo de informações;
2. Inclui informação relacionada com o tempo de produção e os níveis de *stock*;
3. Ajuda a visualizar o processo de produção ao nível de toda a planta;
4. Refere o processo de produção interno para facilitar a cadeia de abastecimento;
5. Relaciona tanto a produção planeada como as previsões de procura para programar a produção e controlar o seu fluxo, definindo parâmetros de operações que determinam, por exemplo, qual a taxa de produção a que uma dada etapa do sistema deve operar;
6. Evidencia o fluxo de produtos, possibilitando a discussão e tomada de decisões quanto a novos planos de produção;
7. Dá aos gestores e funcionários a mesma ferramenta e uma linguagem comum para comunicarem;
8. Constitui a base de um plano de implementação bem estruturado.

Todavia, o VSM também apresenta alguns pontos menos favoráveis (Braglia, Frosolini, e Zammori 2009):

1. É uma técnica aplicada muito à base do papel e do lápis, fazendo com que o nível de exatidão seja limitado e o número de versões que podem ser tratadas baixo;

2. Como não tem o *layout* das instalações, não permite ver o impacto que a inoperacionalidade tem nos atrasos;
3. Não consegue mostrar o impacto que a ineficiência do fluxo de materiais tem nos trabalhos em curso, nas ordens de transferência e nas despesas operacionais;
4. Não tem capacidade para lidar com a complexidade de empresas que têm baixos volumes de produção e elevada variedade de produtos, cujos fluxos de valor são compostos por centenas de componentes de produtos;
5. Apenas pode ser efetivamente aplicado em sistemas de produção com um único fluxo contínuo. Em cadeias caracterizadas por múltiplos fluxos que se fundem em alguma etapa do processo num único fluxo de produção não é capaz de mapear corretamente a cadeia e valor;
6. Não tem a capacidade para um rápido desenvolvimento e avaliação de múltiplas análises, que são necessárias para priorizar diferentes alternativas;
7. Não pode ser aplicado a processos de engenharia devido às diferenças fundamentais que existem entre a produção e os métodos de engenharia;
8. Não permite ter uma visão real dos problemas que a variabilidade tem sobre os processos de produção analisados.

O objetivo da produção *lean* consiste na fabricação de produtos que respondem, de uma forma melhor, às necessidades e expectativas dos clientes, através de um sistema de produção caracterizado por um fluxo tenso e nivelado, onde todas as atividades que têm um contributo nulo para os clientes são eliminadas (Hines e Taylor 2000).

Na implementação dos princípios de produção *lean*, os fornecedores fazem um esforço por responder à procura dos clientes eliminando desperdícios durante o processo de criação de valor. Desperdício é qualquer atividade de um processo que consome tempo e recursos e não cria valor para o cliente nem tem uma função crítica nos negócios do fornecedor (Barber e Tietje 2008).

Todas as atividades de uma organização podem ser distribuídas em duas categorias: atividades que agregam valor e atividades que não agregam valor, sendo estas últimas os desperdícios. Por sua vez, os desperdícios podem ser classificados em duas categorias (Pinto 2009):

- Desperdício puro
Corresponde a atividades de consumo como avarias, deslocações e reuniões improdutivas. Este tipo de desperdícios podem representar até cerca de 65% dos desperdícios de uma organização e por esse motivo a sua eliminação constitui uma prioridade.
- Desperdício necessário
Corresponde a atividades que apesar de não agregarem valor, precisam de ser realizadas, como o caso da inspeção de matérias-primas que chegam aos armazéns. Estes desperdícios podem representar até 30% do total de desperdícios de uma organização e apesar de ser impossível reduzi-los a zero, deve procurar-se minimizá-los ao máximo.

Os desperdícios podem ainda ser classificados em três tipos (3Mu's): *mura*, *muri* e *muda*.

O *mura* resulta do desequilíbrio e variações das operações. É um tipo de desperdício que é variável e resulta de irregularidades ou inconsistências no volume de trabalho.

O *muri* resulta da sobrecarga de trabalhadores e de equipamentos, onde não se verifica a análise de carga de trabalho associada aos recursos disponíveis. Nas situações onde se trabalha acima da capacidade nominal da linha de produção, os defeitos de qualidade tendem a aumentar devido às ineficiências provocadas pelo cansaço dos trabalhadores e da deterioração acelerada dos equipamentos.

O *muda* resulta de atividades que não acrescentam valor, ao produto final, para o cliente, mas consomem muitos recursos. *Muda* é o termo Japonês para desperdício e foi introduzido por Taiichi Ohno durante o desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção (Ohno 1978). Dentro do *muda* podem ser distinguidos sete principais tipos de desperdícios em processos de negócios ou de fabricação (de Almeida Murça 2012; Gomes 2012; Ohno 1978; Ribeiro 2011; Womack e Jones 2003):

1. Excesso de produção: A produção de quantidades superiores às pedidas pelos clientes representa a maior fonte de desperdício das empresas pois há um aumento do *stock* de produtos. Isto significa que produzir quando não existe uma ordem de produção leva a que se produzam as peças erradas, na altura errada e nas quantidades erradas. Consequentemente há um aumento de transporte e custos de armazenamento desnecessários devido a este excesso de *stock*.
2. Tempo de espera: Estes desperdícios dizem respeito a tempos de improdutividade de trabalhadores ou equipamentos. Podem referir-se a materiais ou informações que aguardam para serem processados devido a atrasos, falta de ferramentas, falhas de equipamentos ou gargalos na capacidade instalada.
3. Transporte desnecessário: Deslocações desnecessárias dos materiais e produtos (acabados ou em curso) fazem aumentar, não só os custos de produção, como também o tempo entre o momento de entrada do material e a sua saída do *stock* e a probabilidade de provocar danos nos produtos durante essas movimentações.
4. Sobre processamento: Estes desperdícios correspondem a algumas operações e atividades que são realizadas num determinado processo mas que poderiam nem existir. Muitas delas acontecem devido ao uso de ferramentas de baixa qualidade e aos produtos serem relativamente complexos, causando movimentos desnecessários, defeitos e ocupação de trabalhadores.
5. Excesso de stock: Corresponde a qualquer material ou produto que seja produzido ou adquirido em excesso. O excesso de *stock* também pode camuflar problemas como desequilíbrios de produção, redundâncias, defeitos, tempo de inatividade dos equipamentos ou *setups* prolongados.
6. Movimentação desnecessária: As movimentações desnecessárias que são feitas ao longo de um processo podem ser de materiais, produtos, trabalhadores, viaturas e ordens de trabalho.
7. Defeitos: A produção de produtos defeituosos traduz-se num desperdício de materiais, mão-de-obra, movimentações e tempo.

Liker (2004) define um oitavo desperdício *muda*:

8. Não aproveitamento do potencial humano e da sua criatividade

Não envolver ou ouvir os colaboradores que são intervenientes diretos nos processos pode levar à perda de ideias, habilidades, melhorias ou oportunidades de aprendizagem já que não está a haver um aproveitamento da sua experiência e conhecimento.

Gomes (2012) e Pinto (2009) consideram ainda um nono desperdício *muda*, relevante não só para a indústria como também para as famílias:

9. Consumo de energia

Ao longo do tempo, a racionalização do consumo de energia tornou-se um fator cada vez mais importante, dando grandes vantagens para o consumidor e para o ambiente, nomeadamente a redução dos custos em energia para os primeiros. Para que o uso de energia seja mais eficiente, existem numerosas formas e técnicas que podem ser seguidas.

De acordo com Ribeiro (2011), a *Community Lean Thinking* identifica algumas causas que poderão estar na origem dos diferentes tipos de desperdícios mencionados anteriormente:

- Grandes lotes de produção; antecipação da produção; incapacidade de se conseguir mudanças de ferramentas em pouco tempo; criação de *stock* para compensar o número de peças com defeito;
- Fluxos obstruídos; problemas nos processos dos fornecedores; capacidade não balanceada;
- Ocupação de espaço da fábrica desnecessário; aumento do tempo de fabrico; *layout* da sequenciação dos processos inadequado; mau planeamento das operações;
- *Stocks* que são aceites como parte do processo produtivo; fraco *layout* dos equipamentos; tempo de acesso às ferramentas prolongado; estrangulamentos na produção; problemas de qualidade;
- Ênfase na inspeção final; ausência de padrões de inspeção; ausência de padrões nas operações de fabrico e de montagem; falhas humanas; transporte e movimentação de materiais;
- Operações isoladas; desmotivação dos recursos humanos; falta de formação; capacidades e competências não desenvolvidas; instabilidade nas operações.

“Identificar os desperdícios e detetar algumas das suas causas, não é, no entanto, o suficiente para a eliminação do desperdício. É necessário “atacar” a causa primária do problema, pois será essa a chave para que não se gere novo desperdício”(Ribeiro 2011, 28).

2.3 Indicadores de Desempenho

Os indicadores de *performance* ou de desempenho (*Key Performance Indicators* – KPI's) são dados que são tratados e que ao serem comparados ao longo do tempo, fornecem evidências objetivas de mudança. Quando configurados, procuram ser a essência do desenvolvimento de um sistema de desempenho efetivo. Para além disso, podem ainda ser usados para auxiliar os gestores nas decisões estratégicas, enaltecer os objetivos e os resultados e orientar e monitorizar as equipas em prol de resultados sustentáveis da organização (Abib 2014).

Se quisermos aumentar significativamente a hipótese de ter sucesso é crucial padronizar corretamente todos os processos importantes do negócio, medir e analisar o seu desempenho, responder corretamente às anomalias e falhas detetadas e, finalmente, melhorar continuamente a configuração atual do processo (Rohac e Januska 2015).

Citando outros autores, Rohac e Januska (2015) referem que não existe uma regra rígida quanto ao número ideal de indicadores de performance para uma organização. Porém, todos esses indicadores devem estar relacionados com os objetivos estratégicos da organização, pois refletem as suas ligações com as circunstâncias internas e externas e definem um rumo para o seu estado futuro de acordo com a sua missão. Todos estes objetivos estratégicos são

normalmente transformados desde o seu nível estratégico até a um nível operacional através de métodos de gestão sofisticados como o *Balanced Scorecard*.

Para cada dimensão de melhoria, diversos indicadores podem mostrar a linha de evolução dos processos das organizações (Manotas Duque e Rivera Cadavid 2007).

“Recorrendo aos KPI’s a gestão pode, de uma forma direta, sem ter que analisar todos os parâmetros envolventes da sua empresa ou atividade, fazer uma avaliação da eficiência dos seus processos, assim como analisar de que forma estes estão a contribuir para o sucesso da empresa” (Vieira 2014, 27-28).

Parmenter (2010), faz uma observação adicional ao conceito de KPI mencionado anteriormente, ao referenciar que os indicadores de performance “facilitam a transmissão da visão e missão de uma determinada empresa para funcionários que não ocupam cargos intermédios”. Para além disso, potenciam que todos os escalões hierárquicos se envolvem na missão de alcançar os objetivos estratégicos das organizações e que todos compreendem que o esforço individual é importante para o sucesso da organização.

Assim como Peter Drucker afirmou, “não se pode gerir aquilo que não se consegue medir” e, por esse motivo, o indicador deve ser claro e objetivo. Para tal, podem ser utilizadas algumas diretrizes que auxiliam a sua construção como o vulgar método SMART (Corporation 2000; Fraga 2014).

Específicos: Os indicadores devem ser claros quanto ao que medem e simples e específicos quanto à sua interpretação, para evitar equívocos posteriores.

Mensuráveis: Os indicadores devem ser mensuráveis de forma a permitir a comparação e quantificação entre os valores reais e os previstos e, preferencialmente, expressos através de números.

Atingíveis: Os indicadores devem refletir um objetivo atingível dentro da capacidade da organização, ou seja, mesmo que seja difícil de alcançá-lo e que exija esforços redobrados, não deve ser impossível consegui-lo.

Relevantes: Os indicadores devem dar uma ideia clara do desempenho das organizações na obtenção de sua estratégia. Se um indicador não estiver a medir algo relativo à estratégia da organização, agir sobre ele não afeta o seu desempenho e como tal trata-se de um indicador irrelevante e inútil.

Intervalo de tempo: É importante que os indicadores sejam expressos dentro de um intervalo de tempo, e que esse tempo traduza o tempo necessário para que as metas e objetivos estratégicos sejam atingidos.

2.4 Gestão Visual

Por vezes acontecem anomalias em certos processos que não são detetados em tempo real e que mais tarde são de difícil resolução. A gestão visual é um princípio que fomenta a transmissão da informação de uma forma visual. Deste modo os problemas são visíveis para todos ao longo de todo o processo e ações corretivas podem ser tomadas em tempo real com vista a que problemas similares não aconteçam no futuro (Sami Al 2009).

Segundo Ribeiro (2011, 40), “a gestão visual tem um carácter simples, devendo na sua implementação ter em conta que os meios utilizados (cartazes, quadros ou bandeiras) sejam apelativos e de dimensão visível, para que os colaboradores saibam o estado do processo a qualquer momento”.

O uso de uma ferramenta como a gestão visual na filosofia *lean* tem como objetivo transmitir ao colaborador toda a informação necessária de uma forma rápida, inequívoca e objetiva. A

apresentação da informação numa forma como esta permite eliminar desperdícios de tempo em aprendizagens e interpretação. (Soares 2013).

2.5 Multi-Layer Stream Mapping

O *Multi-Layer Stream Mapping* (MSM) é uma ferramenta desenvolvida no INEGI no âmbito do estudo de metodologias inovadoras de avaliação de ecoeficiência em sistemas industriais por parte de Lourenço et al. (2013) e apresentada pela primeira vez na *20th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering*, que decorreu em Abril de 2013 em Singapura.

Esta metodologia surgiu como resposta à lacuna que existia nas atuais ferramentas e metodologias e na sua aplicação direta em todos os produtos ou sistemas para avaliação de desempenho dos sistemas de produção na perspetiva da ecoeficiência. Para além disso, as ferramentas existentes falhavam por não terem uma leitura rápida e intuitiva (Fraga 2014; Ribeiro 2013).

O conceito do MSM teve origem no trabalho que era desenvolvido por Lourenço et al. (2013) com o VSM. A sua ideia original consistiu em adicionar ao mapeamento da cadeia de valor e da respetiva análise feita com o VSM outros indicadores, além do tempo, mas de modo a poder obter-se uma métrica de eficiência agregada para as etapas da cadeia de valor. De salientar que apesar do MSM ter surgido com base no VSM, o seu raio de atuação está limitado às atividades que estão a ser analisadas e que, numa primeira fase, esta ferramenta não teve em consideração os fluxos de informação presentes no VSM (Vieira 2014). Todavia, enquanto o VSM apenas pode ser efetivamente aplicado em sistemas lineares de produção porque não consegue mapear cadeias de valor caracterizadas por múltiplos fluxos, a flexibilidade do MSM permite ultrapassar esta barreira.

Como resultado da aplicação do MSM temos uma “representação esquemática e intuitiva de conceitos de gestão, o que ajuda a aumentar a capacidade cognitiva ou reduzir trabalho cognitivo complexo, e por consequência, os diferentes atores podem assimilar a informação melhor e mais rapidamente do que se essa informação fosse apresentada de uma forma textual ou numérica” (Fraga 2014, 45).

O MSM consiste em adicionar múltiplas camadas (*layers*), que representam variáveis ou parâmetros que são fundamentais no controlo dos processos. A cada variável do sistema são associados indicadores de *performance* (KPI's) adimensionais todos eles expressos numa escala de valores de 0 a 100%, que são combinados de modo a permitir a agregação da eficiência global do sistema (Fraga 2014; Vieira 2014). Para cada uma das variáveis do sistema é também associado um *target* de referência, definido de acordo com as suas especificações e os objetivos da organização. É através deste *target* que a performance da variável é avaliada pois é feita uma análise quanto à sua eficiência relativamente a este objetivo.

A maior semelhança com o VSM, para além do mapeamento das operações da cadeia de valor, é o facto de ser distinguido, em cada etapa do processo, o que “agrega valor” e o que “não agrega valor”, ao produto ou serviço em estudo. Deste modo, como um dos princípios base do MSM corresponde a um dos princípios base da filosofia de produção *lean*, também ele poderá ser considerado uma ferramenta de produção *lean*, mas com um espectro de atuação abrangente e flexível (Vieira 2014).

Na Figura 3 é possível ver uma representação da aplicação da abordagem MSM:

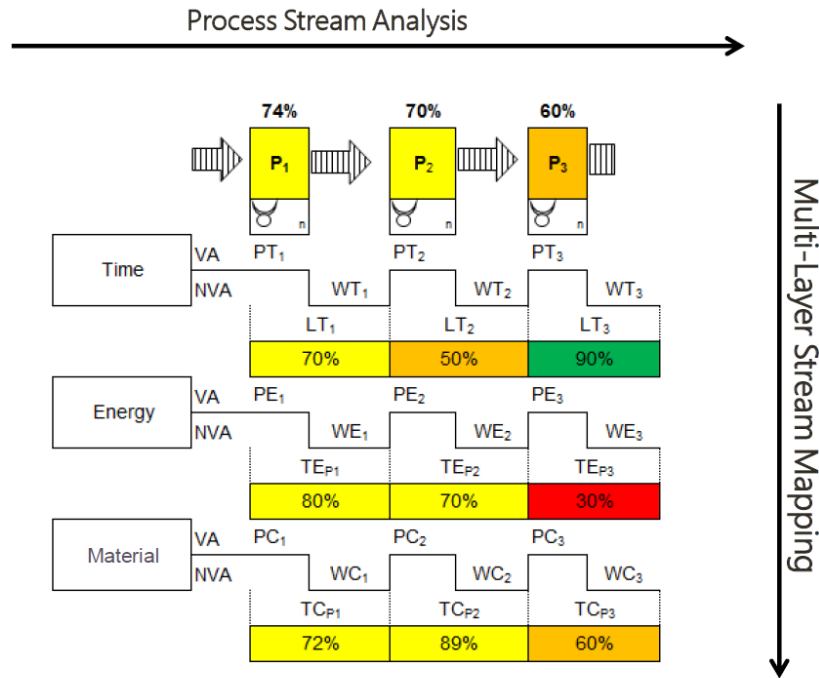


Figura 3 - Exemplo da abordagem do *Multi-Layer Stream Mapping* (Baptista, Lourenço, e Pereira 2014)

Como é perceptível na figura anterior, os valores que se encontram nos segmentos superiores da linha de sequência entre etapas são aqueles que representam uma adição de valor ao produto ou processo. Por outro lado, os que se encontram no patamar inferior desta linha traduzem os desperdícios ou má utilização do tempo, dinheiro ou recursos e portanto, não adicionam valor ao produto ou processo.

Tal como é descrito por Vieira (2014), o MSM assemelha-se, visualmente, a uma matriz $n \times m$, onde n diz respeito ao número de indicadores de performance analisados para o sistema em questão e m corresponde ao número de postos ou processos que o serviço ou produto em análise está sujeito.

Para além de ter de ser explícito o produto ou serviço em análise, também deve ser evidente a unidade funcional e o período de análise em que o estudo foi feito.

Na perspetiva dos autores desta ferramenta, o seu potencial aumenta pela vasta aplicabilidade que ela tem, por não requerer um procedimento científico avançado e pelo facto de ser ilimitado o número de variáveis que podem ser avaliadas (Baptista, Lourenço, e Pereira 2014).

O método de aplicação do MSM é constituído pelos seguintes passos (Vieira 2014):

1. Identificação das fronteiras e etapas do sistema a estudar e definição das variáveis e indicadores relevantes;
2. Determinação dos tipos de KPI's a utilizar em cada um dos indicadores definidos anteriormente;
3. Determinação do melhor método de agregação dos KPI's para o cálculo da eficiência agregada;
4. Análise dos resultados e estudo de ações de melhoria e seus ganhos.

Como já foi mencionado, todos os valores resultantes da aplicação do MSM são adimensionais e devem encontrar-se balizados entre 0 e 100%. Estes valores resultam, de um modo geral, do quociente entre a parte útil e o total (útil mais desperdício) da variável em análise referente a uma dada etapa do processo (Equação 2.1.).

$$\Phi = \frac{a}{a + n} \quad (2.1.)$$

onde:

Φ – Eficiência do parâmetro analisado

a – parte que “agrega valor”

n – parte que “não agrega valor” (desperdício)

Deste modo, e uma vez que as variáveis são definidas sempre com o intuito de que a sua eficiência seja maximizada, quanto maior for o resultado do rácio, melhor será a performance das variáveis do processo (Baptista, Lourenço, e Pereira 2014; Ribeiro 2011; Vieira 2014).

Como se tratam de rácios adimensionais, é possível que sejam agregados tanto em linha (KPI's) como em coluna (posto ou processo), tal como pode ser visto na Figura 4. Deste modo consegue-se determinar a eficiência agregada do sistema (P3 da Figura 4), sendo esse valor “resultante da agregação dos valores agregados de cada um dos processos” (Vieira 2014, 27). Cada um destes valores agregados é determinado pela ponderação (média aritmética, por exemplo) da eficiência dos indicadores de performance que são utilizados em cada processo unitário (L1, L2 e L3 da Figura 4). Na linha da eficiência dos processos unitários é também indicado o número de operários afetos a cada processo. A Figura 4 representa ainda um exemplo de *dashboard* final do MSM, resultante da simplificação da ferramenta, tal como demonstrado na Figura 3.

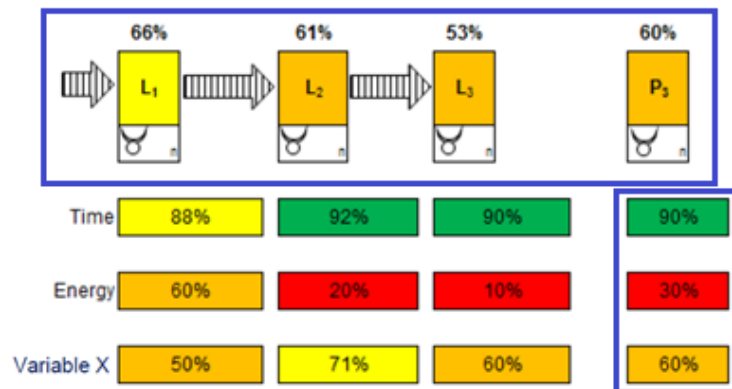


Figura 4 - Aspeto visual do *Multi-Layer Stream Mapping* final (Baptista, Lourenço, e Pereira 2014)

Numa perspetiva de facilitar a perceção do desempenho do sistema, foi adotada uma métrica de cores, para cada uma das células (processo/variável), de acordo com o valor de eficiência obtido. Esta metodologia assenta em dois princípios: (1) gestão visual e (2) alarmística. A gestão visual pretende facilitar a interpretação do nível de desempenho do sistema após aplicado o MSM permitindo uma análise mais rápida dos resultados e facilitando a compreensão por parte de colaboradores com graus de formação inferiores. A alarmística está relacionada com o significado que é dado ao esquema de cores adotado pois, se algo sair da normalidade irá rapidamente saltar à vista e deste modo previne-se que algum mau resultado seja inconscientemente ignorado (Ribeiro 2013; Vieira 2014).

Na Figura 5 está representada o código de cores usada no *Multi-Layer Stream Mapping*, para os diferentes níveis de eficiência obtidos. A escala adotada deve ser ajustada de acordo com a empresa e o estado de maturação da implementação desta ferramenta.

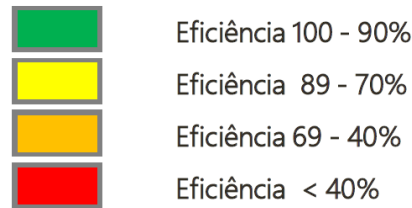


Figura 5 - Escala de cores adotada no MSM (Baptista, Lourenço, e Pereira 2014)

O MSM tem grande importância na tomada de decisões porque permite perceber “como”, “onde” e “quanto” um processo ou um sistema produtivo pode ser melhorado, tanto no seu desempenho como ao nível de aspetos financeiros e ambientais (Lourenço et al. 2013).

2.6 Melhoria Contínua

A melhoria contínua traduz-se no ato de melhorar no decorrer do tempo. Com origem no termo japonês *Kaizen*, que significa literalmente mudar (*kai*) para melhor (*zen*), foi introduzido no Ocidente por Masaaki Imai, em 1986, com o seu livro “*Kaizen: The Key to Japan’s Competitive Success*”.

Uma das características do *Kaizen* é acreditar que os grandes resultados advêm da acumulação de pequenas mudanças ao longo do tempo. Todavia, é errado interpretar que *Kaizen* é equivalente a pequenas mudanças. Na realidade, *Kaizen* significa que todos estão envolvidos na melhoria e que mesmo que a maioria das mudanças sejam pequenas, os maiores impactos do *Kaizen* são liderados pela administração em projetos transformacionais ou por equipas multifuncionais em eventos *Kaizen* (Institute 2015).

Atualmente, o *Kaizen* é reconhecido mundialmente como um importante pilar da estratégia competitiva de longo prazo para as organizações e tem por base alguns princípios orientadores, tais como (Institute 2015):

- Processos consistentes conduzem aos resultados desejados;
- Ver por si mesmo para compreender a situação atual;
- Falar dispondo de dados e gerir com base em factos;
- Tomar medidas para conter e corrigir as causas raiz dos problemas;
- Trabalhar como equipa;
- *Kaizen* aplica-se a todos.

A melhoria contínua é um processo contínuo e inacabado que se auxilia de algumas ferramentas, como por exemplo, o ciclo de PDCA, os “5 porquês” ou a padronização, para a sua execução.

3 Aplicação do Multi-Layer Stream Mapping ao caso em estudo

3.1 Descrição do problema

O Oceanário de Lisboa é uma organização que, apesar de possuir apenas cerca de 50 colaboradores, detém equipas bastante multifacetadas que asseguram o funcionamento das instalações e desempenham as multitarefas normais à atividade da mesma. Desde a manutenção e limpeza dos habitats, alimentação dos cerca de 8.000 organismos, controlo da qualidade da água, suporte à reprodução e supervisão dos espaços de quarentena, até à construção dos habitats, todas estas tarefas são realizadas por profissionais especializados que monitorizam os espaços 24 horas por dia, 365 dias por ano.

A garantia da saúde e bem-estar de todos os organismos que habitam no Oceanário é essencial. Como tal é extremamente importante garantir que os processos de controlo ambiental e do sistema de suporte de vida são rigorosos e prioritários. Diariamente, as equipas, de biólogos, aquaristas, engenheiros e técnicos, monitorizam todos os aparelhos e instrumentos (sistemas de filtração, permutadores de calor, bombas, torres de contacto de ozono, tubagens, válvulas e qualidade da água e do ar) que suportam a vida no Oceanário, e asseguram o seu funcionamento contínuo.

A quarentena é um período a que os animais são submetidos antes de serem colocados em exibição para os visitantes. O Oceanário dispõe de várias salas de quarentena, adaptadas para os diferentes tipos de animais e onde, entre outras coisas, os animais se restabelecem do *stress* da viagem (quando chegam ao Oceanário), se assegura que eles se encontram saudáveis e se efetuam tratamentos profiláticos e curativos, quando necessário.

No laboratório principal são feitas, diariamente, diversas análises a amostras de água dos diferentes aquários. Paralelamente existe um laboratório de Patologia dos animais aquáticos que controla continuamente a saúde destes animais. A qualidade da água é um fator crítico já que dada a existência de muitas espécies sensíveis, é fundamental assegurar o seu bem-estar e isso passa também pela excelência na qualidade da água. Como se trata de um circuito fechado, isso obriga a um contínuo tratamento da mesma, tanto físico como químico e biológico, através de um sofisticado conjunto de filtros e sistema de esterilização. Adicionalmente, a garantia da sua qualidade nos aquários é dada pela produção interna da água que é colocada em cada habitat permitindo deste modo a isenção de organismos patogénicos.

A alimentação é outro dos parâmetros que suscita preocupação aos responsáveis do Oceanário pois uma alimentação equilibrada é fundamental para a manutenção da saúde de todos os organismos e para garantir uma elevada qualidade de água. Para isso, é importante fornecer a quantidade de alimento que satisfaça as necessidades energéticas de cada animal e que ao mesmo tempo respeite os seus regimes alimentares.

As operações de manutenção e limpeza representam um papel de destaque no normal funcionamento das instalações. Regularmente, os mergulhadores limpam os acrílicos e a

decoração dos aquários, retirando restos de alimentos e algas incrustantes, não só para melhorar a estética das exposições como para garantir as propriedades da água. Dentro das atividades de manutenção incluem-se ainda a monitorização dos animais, especialmente o seu comportamento quando estão a ser alimentados, e o controlo informático de todo o sistema de suporte de vida, permitindo uma manutenção eficaz e prevenindo possíveis anomalias.

As instalações do Oceanário de Lisboa encontram-se razoavelmente bem equipadas para uma eficaz monitorização dos seus principais processos. Tendo em conta que não existe uma vigilância permanente por parte da equipa de manutenção, é essencial que o controlo informático de todo o sistema de suporte de vida seja capaz de alertar a equipa no caso de alguma situação anómala ocorrer. Graças a esta tecnologia, não é necessário que exista nenhum membro desta equipa nas instalações durante a noite e ao fim de semana pois, sempre que algo de errado ocorre com o sistema, eles são alertados telefonicamente e deslocam-se ao edifício a fim de corrigir o erro o mais rapidamente possível. Todavia, os alertas para as falhas dos equipamentos, apesar de muito úteis, não traduzem o comportamento das variáveis ao longo do tempo, o que não permite localizar os motivos para tais avarias.

De uma forma geral existe uma forte preocupação e esforço das equipas em registar toda a informação relativa às suas atividades diárias como base de suporte aos bons e maus resultados que ocorrem. Todavia, estas tarefas não são registadas numa base de dados integrada, nem existe um sistema de informação de apoio. Neste momento, a informação é gravada em ficheiros de folhas de cálculo (neste caso *Microsoft Excel*), e é feita uma análise superficial a esses valores. Deste modo, para além do difícil acesso à informação relevante, devido à dispersão de ficheiros pelas várias equipas, existe uma quantidade de informação armazenada ao longo de anos de atividade que não tem sido usada para melhorar a eficiência dos processos internos.

O MSM vem, neste contexto, dar resposta à falta de tratamento desta informação. De forma simples, qualquer pessoa, de qualquer equipa, poderá ter acesso à evolução da eficiência da organização recorrendo a uma aplicação desenhada à medida dos seus processos e variáveis mas tendo sempre como resultado os painéis padrão do MSM.

Após ter sido reconhecida a elevada dimensão de informação armazenada, foi criada a oportunidade de fazer um estudo modelo da aplicação do MSM ao Oceanário de Lisboa. Este projeto permite mostrar as potencialidades da ferramenta e os resultados interessantes que podem ser obtidos com a sua aplicação. Para além disso, todo o trabalho de adequação da ferramenta à organização foi feito e diferentes modelos de *dashboards* desenhados. Ainda que nesta fase todo o processo de análise seja feito em folhas de cálculo, no futuro pretende-se avançar para o desenvolvimento da aplicação informática para suporte deste projeto.

3.2 Implementação do MSM

Até à data, o MSM apenas havia sido aplicado a processos em que se verificavam relações de precedência entre atividades. O sistema agora em estudo, não se traduz num processo contínuo para ser analisado. Todavia, com a aplicação do MSM neste caso de estudo, consegue-se provar que a ferramenta pode ser aplicada com êxito em atividades e/ou sistemas isolados.

A aplicação do MSM a este sistema marinho fechado, para além de incidir sobre parâmetros isolados, o que por si só já é uma nova aplicação do método, corresponde a um estudo retrospectivo. Isto significa que foram analisados mais de seis anos de dados históricos relativos à atividade da organização com o intuito de compreender os efeitos que as boas e más práticas tiveram ao nível da sua eficiência. Deste modo, após compreendidas as razões que levaram aos bons ou maus resultados ao longo do tempo, é possível repercutir essas

formas de atuação no futuro e consequentemente aumentar gradualmente a eficiência da organização.

Como se trata de um estudo retrospectivo, a utilização de um máximo ou mínimo móvel como *target* de referência para a porção da variável que gera valor para as análises realizadas, tal como já foi feito em outros casos em que o MSM foi aplicado, não corresponde à forma mais correta de análise. Tratando-se de um estudo que visa comparar a eficiência da organização no passado, espera-se que o valor de referência se mantenha constante ao longo do tempo para que os valores dos KPI's ao longo do tempo sejam comparáveis.

Tal como num sistema de produção em que se pretende que numa determinada linha, onde são realizadas diversas operações até se obter o produto final, se atinja uma cadência definida, no caso em estudo também se pretende que sejam alcançados certos resultados ao longo do tempo. O tempo, nos diversos intervalos disponíveis e desejáveis, funciona como o equivalente às operações de uma linha de produção, pois como já foi explicado, neste caso não ocorrem atividades sequenciadas. Na base de dados, os valores registados apresentam-se de três formas: à hora, ao dia ou ao ano. Dependendo da variável, procurou-se que os *targets* de referência se ajustassem à sua unidade mais elementar.

Agregado a uma base de dados com informação útil para a organização, o MSM disponibiliza os níveis de eficiência agregada para um conjunto de variáveis, de qualquer sistema, sector ou departamento, correspondente ao período de tempo pretendido para a análise. Foi precisamente esse tipo de informação que se procurou analisar para diversos períodos de tempo, para variáveis distintas e para departamentos diferentes dentro da organização estudada. Para além do processo de definição dos indicadores de *performance* adequados para cada variável em estudo, procurou-se fazer a ilustração dos diferentes tipos de *dashboards* que podem ser feitos com recurso ao MSM e que permitem alargar o espectro de conclusões que podem ser retiradas.

No caso da organização deste projeto optou-se por fazer uma análise que abrange três áreas da sua atividade. De um ponto de vista operacional e alargando o conjunto de variáveis em análise, foram estudados parâmetros correspondentes à qualidade da água, que são da responsabilidade da equipa de Biologia e parâmetros relativos ao consumo de energia e de água, que são da responsabilidade da equipa de Manutenção. Para além destes, foram ainda estudados parâmetros de interesse para a gestão de topo, neste caso, numa perspetiva estratégica.

No caso das variáveis da responsabilidade da equipa de Biologia, como o número de habitats controlados é elevado, seria muito complicado fazer uma análise a todos eles. Para além disso, fazê-lo não traria um valor acrescentado significativo ao projeto e apenas exigiria um esforço muito superior no tratamento de dados pois, tal como já foi referenciado, o volume de informação armazenada é elevado.

No âmbito deste projeto, era importante que fossem definidas as especificações do MSM de acordo com a organização em estudo e demonstrados os retornos positivos que a ferramenta pode trazer. Se o projeto fosse o desenvolvimento do *software* que traduz todas as especificações definidas, era de esperar que fosse possível ver a eficiência de qualquer habitat, desde que existisse informação correspondente na base de dados. Todavia, ainda que não seja o resultado final deste projeto, é esperado que fique evidente que o desenvolvimento de uma aplicação informática baseada nas análises feitas é um projeto a curto prazo, não só pela informação útil que traria como pela facilidade que permitiria no armazenamento e atualização da base de dados do Oceanário.

A equipa de Manutenção dispõe de igual volume de informação comparativamente à equipa de Biologia e por esse motivo seria interessante fazer uma análise paralela às suas variáveis para os mesmos habitats da Biologia. Todavia, a informação disponível até ao momento não

se encontra armazenada dessa forma tornando-se impossível saber os consumos específicos de energia e de água de cada um dos habitats. Para tal teria de haver um investimento na reformulação dos pontos de contagem dos consumos de energia e água, o qual não está previsto acontecer devido a restrições orçamentais e ao elevado número de habitats. Neste momento o Oceanário de Lisboa tem instalado diversos contadores para cada uma destas variáveis, que permitem o controlo de cada um dos consumos, de forma desagregada, em várias fontes de consumo de interesse.

No departamento de Biologia, as análises feitas tiveram por base um princípio um pouco diferente. Começou-se por identificar o habitat mais sensível e que exige atenções redobradas para que o espectro de hipóteses de estudo fosse reduzido. Deste modo, foi selecionado um habitat para ser o exemplo ilustrativo da aplicação da ferramenta nas variáveis de interesse para a equipa de Biologia. Em conjunto com o responsável pelo departamento, a escolha recaiu sobre o habitat T-1, que corresponde ao tanque central. A razão da escolha deste habitat deve-se às suas elevadas dimensões (contém cerca de 5 milhões de litros de água) e diversidade marinha, que exige que todo o habitat esteja sempre em boas condições para o bem-estar e equilíbrio das espécies.

Para a gestão de topo, o seu interesse ao nível da eficiência, ainda que possa residir em variáveis comuns aos departamentos em estudo, foca-se numa perspetiva muito abrangente a toda a organização. Isto significa, por exemplo, que mesmo que o consumo de energia elétrica seja igualmente importante para a gestão de topo e para o departamento de manutenção, enquanto os primeiros têm interesse no consumo total deste tipo de energia, os segundos têm maior interesse em saber o nível de eficiência no consumo de energia elétrica de um determinado equipamento. Estamos perante um caso em que o nível de eficiência da mesma variável pode ser analisado com perspetivas diferentes, dependendo do utilizador da ferramenta e o seu papel na organização. No caso do Oceanário de Lisboa, espera-se que a informação esteja disponível para qualquer pessoa de qualquer equipa e por esse motivo, a simplicidade de leitura que o MSM permite é muito útil para essa multidisciplinidade dos utilizadores. Contudo, as equipas que lidam mais de perto com as variáveis que são estudadas têm a capacidade de compreender melhor os resultados obtidos e a forma de atuar sobre eles, por isso espera-se que sejam os utilizadores principais.

3.3 Indicadores de performance

Na aplicação do MSM, os indicadores de performance só podem ser agregados se corresponderem ao mesmo horizonte temporal. Fraga (2014) definiu uma estrutura em pirâmide (Figura 6) que distingue a apresentação dos KPI's em diferentes níveis temporais e onde os KPI's de cada nível devem ser colocados no mesmo nível de medição.

Os níveis representados na Figura 6 correspondem a informação do tipo:

- *Raw Data* (dados em bruto): dados fornecidos pelo sistema referentes aos equipamentos ou análises em estudo;
- KPI's₀ (Nível Operacional): neste nível os indicadores de performance destinam-se a representar parâmetros principalmente de nível operacional e correspondentes a um período temporal curto. Reservados, preferencialmente, para os colaboradores;
- KPI's₁ (Nível Tático): estes indicadores, destinados essencialmente à gestão intermédia, correspondem a um período temporal médio e ajudam a dar a indicação do desempenho do sistema ou do equipamento;
- KPI's₂ (Nível Estratégico): estes KPI's são, normalmente, de longo prazo, destinam-se à direção ou administração da organização e procuram refletir o desempenho da empresa, departamento, sistema, etc.

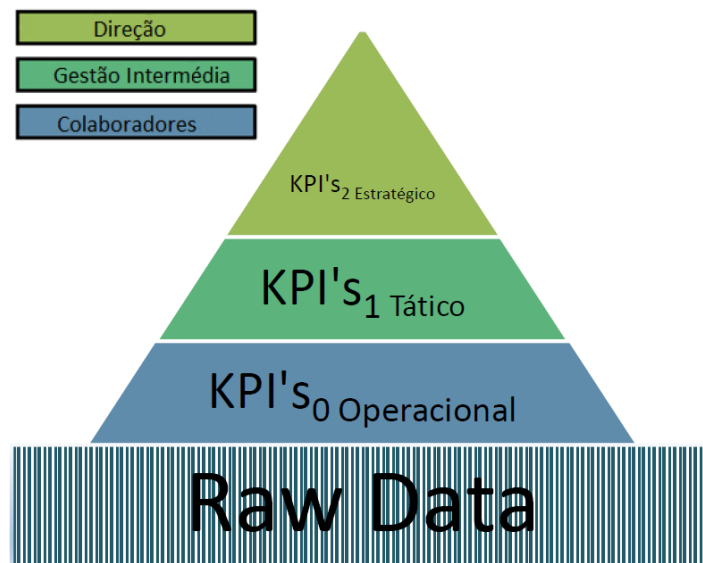


Figura 6 - Pirâmide de agregação dos KPI's por ordem temporal (Fraga 2014)

Os KPI's podem ainda ser classificados em:

- KPI's de Operação: correspondem a indicadores que traduzem a eficiência ao nível dos equipamentos e sistemas;
- KPI's de Fluxo: representam a eficiência de datas entre entregas, *stocks*, controlos, etc;
- KPI's de Recursos: refletem a eficiência entre a entrada e saída de matérias-primas.

3.4 Indicadores de *performance* do projeto

De acordo com as variáveis ou processos em análise, os indicadores de *performance* devem ser devidamente ajustados. Este ajuste é essencial para que haja uma perfeita distinção, em cada fator, entre o que agrega valor e o que não agrega valor, mediante os objetivos da organização, assim como uma visão adequada do seu nível de eficiência.

Neste projeto também se procurou que os indicadores de performance fossem adequados ao nível do seu utilizador principal e da utilidade que este poderá retirar da informação fornecida para que todo o esforço analítico seja valorizado. Este tipo de análise vai de encontro aos tipos de classificação definidos no capítulo 3.3 para os indicadores. Deste modo, e tendo em conta o caso em estudo, pode considerar-se que os indicadores definidos para a análise de eficiência aos parâmetros da responsabilidade da gestão de topo se enquadram no nível estratégico e são indicadores de operação. Por outro lado, os indicadores de performance dos parâmetros de controlo da atividade da equipa de Biologia e da equipa de Manutenção, apesar de serem de operação, posicionam-se mais a um nível operacional

3.4.1 Biologia

A equipa de Biologia tem, entre outras responsabilidades, a de manter a qualidade da água em níveis de excelência de forma a garantir o conforto de todos os animais que vivem nos diferentes habitats. No estudo retrospectivo realizado com a aplicação do MSM, foi selecionado um tanque, tal como explicado anteriormente,. Para este tanque foram selecionadas as variáveis que mais preocupam a equipa para que a água mantenha os parâmetros estipulados.

Para o cálculo dos indicadores de *performance* de cada variável da responsabilidade da equipa de Biologia foi adotado um método que procura refletir as condições de conforto para as espécies. Os animais são seres altamente adaptáveis, e como tal não existem padrões ideais para os parâmetros de qualidade de água. Todavia, essa adaptação tem de ser obrigatoriamente gradual para que não exista nenhuma consequência negativa. Tendo por base esta condição, o estudo de eficiência dos parâmetros de biologia para cada um dos habitats analisados é feito a partir de valores de referência estipulados pela equipa de biologia para que o habitat se encontre minimamente estável. Deste modo, e sabendo o valor mínimo e máximo de referência para cada variável, a aplicação do MSM irá analisar diretamente se os valores se encontram dentro desses *targets* de referência.

As equações 3.1. e 3.2. pretendem traduzir essa situação.

A Figura 7 pretende representar esquematicamente como é feita a distinção entre os casos que agregam valor e os que não agregam valor.

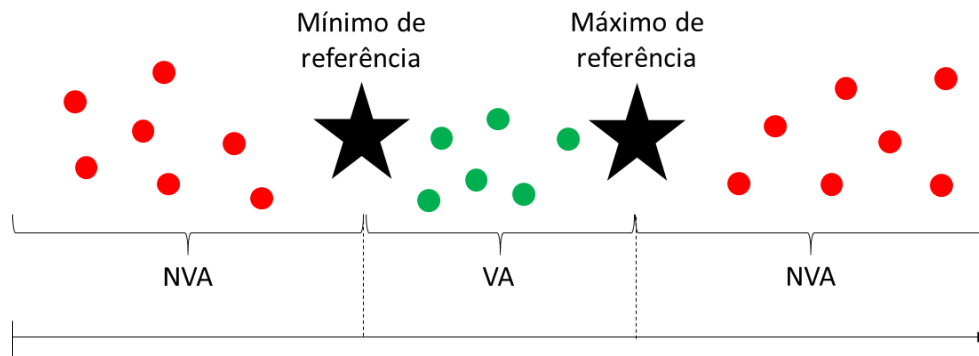


Figura 7 - Esquema ilustrativo do que acrescenta valor e não acrescenta valor nos parâmetros da Biologia

Fórmula de cálculo do valor acrescentado dos parâmetros de qualidade da água estudados.

$$VA = \begin{cases} 1, & \text{se } y_1 \leq x_{ij} \leq y_2 \\ 0, & \text{se } x_{ij} < y_1 \cup x_{ij} > y_2 \end{cases} \quad (3.1.)$$

onde:

x_{ij} – valor registado no dia i ($i = 1 \dots 365$) do ano j ($j = 2009 \dots 2014$) para a variável em estudo

y_1 – *target* mínimo de referência para a variável em estudo

y_2 – *target* máximo de referência para a avariável em estudo

VA – acrescenta valor

Fórmula de cálculo do valor não acrescentado dos parâmetros de qualidade da água estudados.

$$NVA = \begin{cases} 0, & \text{se } y_1 \leq x_{ij} \leq y_2 \\ 1, & \text{se } x_{ij} < y_1 \cup x_{ij} > y_2 \end{cases} \quad (3.2.)$$

Onde:

x_{ij} – valor registado no dia i ($i = 1 \dots 365$) do ano j ($j = 2009 \dots 2014$) para a variável em estudo

y_1 – *target* mínimo de referência para a variável em estudo

y_2 – *target* máximo de referência para a avariável em estudo

NVA – não acrescenta valor

3.4.2 Manutenção

No caso da equipa de Manutenção, o conjunto de tarefas realizado é alargado e passa, por exemplo, por assegurar que todos os equipamentos estão em funcionamento, por realizar algumas operações de reparação ou por controlar toda a dinâmica dentro dos tanques. Porém, apesar de ser possível e adequado controlar o nível de eficiência de muitas das operações de manutenção realizadas, a maior preocupação da equipa de manutenção está relacionada com os consumos energéticos e de água porque representam uma fatia muito elevada no orçamento da organização. Por este motivo, a constante busca pela minimização destes consumos é uma das tarefas desta equipa. Alguns dos ganhos conseguidos têm passado não só pela crescente cultura de poupança como pela substituição e introdução de novos equipamentos (não só tecnologicamente mais evoluídos, como com consumos energéticos menores).

Para que o MSM fosse aplicado a estes casos, era necessário que existissem consumos máximos de referência. No âmbito deste projeto, foi necessário estabelecer esses objetivos máximos de consumo para que houvesse um mecanismo lógico de avaliação dos níveis de eficiência dos diferentes recursos. Após exposta esta necessidade à pessoa responsável pelo departamento, esta rapidamente conseguiu definir esses objetivos graças à sua enorme experiência, não só à frente desta equipa, como também como colaborador ativo nas atividades diárias do departamento. Esta experiência confere-lhe bastante sensibilidade para perceber que fatores poderão ter maior influência nestes consumos e como devem ser definidos estes objetivos. No caso da energia térmica, estamos perante Unidades de Tratamento de Ar (UTA's). O *target* de cada uma delas é dado pelo mínimo das médias de consumo dos anos em estudo. Relativamente à energia elétrica, o método de definição dos *targets* para as UTA's foi o mesmo que o utilizado para o caso da energia térmica. Contudo, relativamente ao consumo de energia elétrica, há ainda todos os Sistemas de Suporte de Vida (*Life Support Systems* - LSS's) que precisam de ser controlados. Os *targets* de consumo de energia elétrica para estes conjuntos de equipamentos são dados pela quantidade de energia gasta por unidade de volume de água e tendo por base o caudal de água que atravessa estes equipamentos a cada hora. Por último, os *targets* de consumo de água foram definidos pela equipa e traduzem os objetivos de consumo que eles se propõem conseguir atingir.

De salientar que estes processos de definição dos *targets* de referência para o estudo da eficiência dos processos da organização apenas são possíveis porque está a ser feito um estudo retrospectivo aos consumos destes recursos. Deste modo, embora se consigam obter bons valores para ponto de partida para que o MSM seja aplicado, estes deverão ser devidamente ajustados para níveis de eficiência mais ambiciosos.

De acordo com a ferramenta MSM, os indicadores de *performance* que avaliam o binómio valor acrescentado versus valor não acrescentado das variáveis, são apresentados em seguida.

Sistemas de Suporte de Vida

Nas equações que se seguem é descrito o modo de cálculo para cada Sistema de Suporte de Vida (LSS) estudado. Relativamente aos LSS's apenas é calculado o nível de eficiência quanto ao consumo de energia elétrica.

Na Figura 8 pretende-se ilustrar esquematicamente o critério que foi usado para fazer a distinção entre o que acrescenta valor e o que não acrescenta valor no consumo de energia térmica e elétrica e no consumo de água. Este esquema é válido tanto para os Sistemas de Suporte de Vida como para as Unidades de Tratamento de Ar.

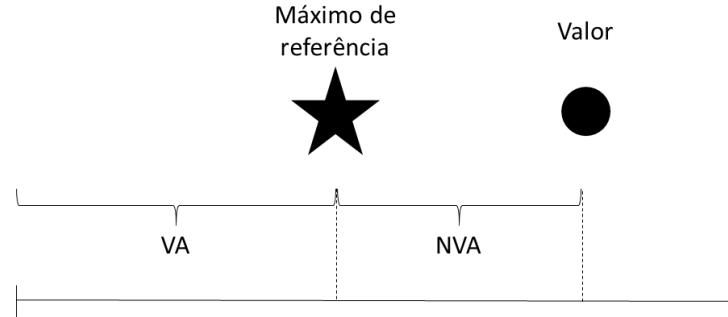


Figura 8 - Esquema ilustrativo do que acrescenta valor e não acrescenta valor no consumo de energia térmica e elétrica

Fórmula de cálculo do valor não acrescentado do consumo de energia elétrica nos LSS:

$$NVA = \begin{cases} 0, & \text{se } c_i \times t_i > a_{mij} \\ 1 - \frac{c_i \times t_i}{a_{mij}}, & \text{se } c_i \times t_i \leq a_{mij} \end{cases} \quad (3.3.)$$

onde:

c_i – caudal de água que atravessa cada equipamento i ($i = \text{LSS } 1, \dots, \text{LSS } 12$) [m^3/h]

t_i – taxa de consumo de referência – *target* para cada equipamento i ($i = \text{LSS } 1, \dots, \text{LSS } 12$) [kWh/m^3]

a_{mij} – consumo de energia elétrica a cada hora m ($m = 0:00, 1:00, \dots, 23:00$) do equipamento i ($i = \text{LSS } 1, \dots, \text{LSS } 12$) no ano j ($j = 2009, \dots, 2014$) [kWh]

NVA – não acrescenta valor

Fórmula de cálculo do valor acrescentado do consumo de energia elétrica nos LSS

$$VA = \begin{cases} 1, & \text{se } c_i \times t_i > a_{mij} \\ 1 - NVA, & \text{se } c_i \times t_i \leq a_{mij} \end{cases} \quad (3.4.)$$

onde:

c_i – caudal de água que atravessa cada equipamento i ($i = \text{LSS } 1, \dots, \text{LSS } 12$) [m^3/h]

t_i – taxa de consumo de referência – *target* para cada equipamento i ($i = \text{LSS } 1, \dots, \text{LSS } 12$) [kWh/m^3]

a_{mij} – consumo de energia elétrica a cada hora m ($m = 0:00, 1:00, \dots, 23:00$) do equipamento i ($i = \text{LSS } 1, \dots, \text{LSS } 12$) no ano j ($j = 2009, \dots, 2014$) [kWh]

NVA – não acrescenta valor

VA – valor acrescentado

Para o cálculo das equações 3.3. e 3.4., a fórmula de cálculo da taxa de consumo de referência para cada equipamento i é:

$$t_i = \frac{m_i}{c_i} \quad (3.5.)$$

onde:

c_i – caudal de água que atravessa cada equipamento i ($i = \text{LSS } 1, \dots, \text{LSS } 12$) [m^3/h]

t_i – taxa de consumo de referência – *target* para cada equipamento i ($i=LSS\ 1, \dots, LSS\ 12$) [kWh/m³]

m_i – consumo médio de referência para cada equipamento i ($i=LSS\ 1, \dots, LSS\ 12$) [kWh/h]

E a fórmula de cálculo do consumo médio de referência para cada equipamento i [kWh]

$$m_i = \min_j e_{ij} \quad (3.6.)$$

onde:

e_{ij} – consumo médio de energia elétrica do equipamento i ($i=LSS\ 1, \dots, LSS\ 12$), a cada hora do ano j ($j=2009, \dots, 2014$) [kWh/h]

m_i – consumo médio de referência para cada equipamento i ($i=LSS\ 1, \dots, LSS\ 12$) [kWh/h]

A fórmula de cálculo do consumo médio de energia elétrica de cada equipamento i , a cada hora do ano j na equação 3.6. é dado por:

$$e_{ij} = \min_m a_{mij} \quad (3.7.)$$

onde:

e_{ij} – consumo médio de energia elétrica do equipamento i ($i=LSS\ 1, \dots, LSS\ 12$), a cada hora do ano j ($j=2009, \dots, 2014$) [kWh/h]

a_{mij} – consumo de energia elétrica a cada hora m ($m=0:00, 1:00, \dots, 23:00$) do equipamento i ($i=LSS\ 1, \dots, LSS\ 12$) no ano j ($j=2009, \dots, 2014$) [kWh]

Unidades de Tratamento de Ar

As Unidades de Tratamento de Ar foram analisadas a dois níveis: a sua eficiência quanto ao consumo de energia elétrica; e quanto ao consumo de energia térmica. As equações que permitem fazer esse estudo para cada UTA são descritas de seguida e são iguais, independentemente do tipo de energia que está a ser analisada. Neste caso, o único fator que varia são os *targets* de referência.

Fórmula de cálculo do valor não acrescentado do consumo de energia elétrica e energia térmica nas UTA.

$$NVA = \begin{cases} 0, & \text{se } m_i > a_{mij} \\ 1 - \frac{m_i}{a_{mij}}, & \text{se } m_i \leq a_{mij} \end{cases} \quad (3.8.)$$

onde:

a_{mij} – consumo de energia elétrica/térmica a cada hora m ($m = 0:00, 1:00, \dots, 23:00$) do equipamento

i ($i=UTA\ 0, \dots, UTA\ 9$) no ano j ($j=2009, \dots, 2014$) [kWh]

m_i – consumo médio de referência para cada equipamento i ($i = UTA\ 0, \dots, UTA\ 9$) [kWh/h]

NVA – não acrescenta valor

Fórmula de cálculo do valor acrescentado do consumo de energia elétrica e energia térmica nas UTA

$$VA = \begin{cases} 1, & \text{se } m_i > a_{mij} \\ 1 - NVA, & \text{se } m_i \leq a_{mij} \end{cases} \quad (3.9.)$$

onde:

m_i – consumo médio de referência para cada equipamento i ($i = \text{UTA } 0, \dots, \text{UTA } 9$) [kWh/h]

a_{mij} – consumo de energia elétrica/térmica a cada hora m ($m = 0:00, 1:00, \dots, 23:00$) do equipamento

i ($i = \text{UTA } 0, \dots, \text{UTA } 9$) no ano j ($j = 2009, \dots, 2014$) [kWh]

NVA – não acrescenta valor

VA – valor acrescentado

Para o cálculo das equações 3.8. e 3.9., a fórmula de cálculo do consumo médio de referência para cada equipamento i [kWh] é dada por:

$$m_i = \min_j e_{ij} \quad (3.10.)$$

onde:

e_{ij} – consumo médio de energia elétrica/térmica de cada equipamento i ($i = \text{UTA } 0, \dots, \text{UTA } 9$), a cada hora do ano j ($j=2009, \dots, 2014$) [kWh/h]

m_i – consumo médio de referência para cada equipamento i ($i=\text{UTA } 0, \dots, \text{UTA } 9$) [kWh/h]

A fórmula de cálculo do consumo médio de energia elétrica de cada equipamento i , a cada hora do ano j na equação 3.10. é dado por:

$$e_{ij} = \max_m a_{mij} \quad (3.11.)$$

onde:

e_{ij} – consumo médio de energia elétrica/térmica de cada equipamento i ($i = \text{UTA } 0, \dots, \text{UTA } 9$), a cada hora do ano j ($j = 2009, \dots, 2014$) [kWh/h]

a_{mij} – consumo de energia elétrica a cada hora m ($m=0:00, 1:00, \dots, 23:00$) do equipamento i ($i=\text{UTA } 0, \dots, \text{UTA } 9$) no ano j ($j=2009, \dots, 2014$) [kWh]

Água

A análise de eficiência ao consumo de água é feita por edifícios. Nas equações que se seguem procura-se explicitar como é que essa análise foi feita.

Fórmula de cálculo do valor não acrescentado do consumo de água

$$NVA = \begin{cases} 0, & \text{se } b_n \times v_{nj} \times p_k > g_{nkj} \\ 1 - \frac{b_n \times v_{nj} \times p_k}{g_{nkj}}, & \text{se } b_n \times v_{nj} \times p_k \leq g_{nkj} \end{cases} \quad (3.12.)$$

onde:

b_n – taxa de consumo de referência do mês n (n = janeiro...dezembro) [m^3 /visitante]

v_{nj} – número de visitantes no mês n (n = janeiro...dezembro) do ano j (j = 2011...2014)

p_i – percentagem representativa do edifício k (Caffé di Roma...Edifício Principal) nos consumos totais – obtido pelo Diagrama de Pareto (ver Anexo B)

g_{nkj} – consumo de água no mês n (n =janeiro...dezembro), no edifício k (Caffé di Roma...Edifício Principal), no ano j (j = 2011...2014) [m^3]

NVA – não acrescenta valor

Fórmula de cálculo do valor acrescentado do consumo de água

$$VA = \begin{cases} 1, & \text{se } b_n \times v_{nj} \times p_k > g_{nkj} \\ 1 - NVA, & \text{se } b_n \times v_{nj} \times p_k \leq g_{nkj} \end{cases} \quad (3.13.)$$

onde:

b_n – taxa de consumo de referência do mês n (n = janeiro...dezembro) [m^3 /visitante]

v_{nj} – número de visitantes no mês n (n = janeiro...dezembro) do ano j (j = 2011...2014)

p_i – percentagem representativa do edifício k (Caffé di Roma...Edifício Principal) nos consumos totais – obtido pelo Diagrama de Pareto (ver Anexo B)

g_{nkj} – consumo de água no mês n (n = janeiro...dezembro), no edifício k (Caffé di Roma...Edifício Principal), no ano j (j =2011...2014) [m^3]

VA – acrescenta valor

Para o cálculo das equações 3.12. e 3.13. é necessário saber a taxa de consumo de referência de cada mês, a qual foi determinada pela fórmula que se segue.

$$b_n = \min_j q_{nj} \quad (3.14.)$$

onde:

q_{nj} – taxa de consumo de água no mês n (n = janeiro...dezembro) do ano j (j = 2011...2014) [m^3 /visitante]

b_n – taxa de consumo de referência do mês n (n = janeiro...dezembro) [m^3 /visitante]

Fórmula de cálculo auxiliar à equação 3.14. Esta equação permite definir a taxa de consumo de água de cada mês de cada ano.

$$q_{nj} = \frac{T_{nj}}{v_{nj}} \quad (3.15.)$$

onde:

q_{nj} – taxa de consumo de água no mês n (n = janeiro...dezembro) do ano j (j = 2011...2014) [m^3 /visitante]

v_{nj} – número de visitantes no mês n (n = janeiro...dezembro) do ano j (j = 2011...2014)

T_{nj} – consumo total de água no mês n (n = janeiro...dezembro) do ano j (j = 2011...2014) [m^3]

Fórmula de cálculo do consumo total de água de cada mês de cada ano. Esta fórmula é importante para auxiliar ao cálculo da equação 3.15.

$$T_{nj} = \sum_{k=1}^{k=5} g_{nkj} \quad (3.16.)$$

onde:

T_{nj} – consumo total de água no mês n (n = janeiro...dezembro) do ano j (j = 2011...2014) [m^3]

g_{nkj} – consumo de água no mês n (n = janeiro...dezembro), no edifício k (Caffé di Roma...Edifício Principal), no ano j (j =2011...2014) [m^3]

3.4.3 Gestão de Topo

Para o caso da gestão de topo, os indicadores de performance que analisam as variáveis de interesse são dados pelas equações apresentadas de seguida. Neste caso, a eficiência é feita analisando tanto os níveis de consumo de água e energia como o número de visitantes recebidos nas instalações, a cada ano. Para todos os casos os *targets* são definidos segundo os objetivos estratégicos da organização. Isto significa que todos os valores foram disponibilizados por responsáveis do Oceanário de Lisboa e é por eles que as avaliações anuais sobre a performance da atividade da organização são comparadas. No caso do número de visitantes, o *target* é definido anualmente pela organização. Na Figura 9 é possível ver uma representação esquemática do critério usado para distinguir o que acrescenta e não acrescenta valor nos consumos de energia e de água e para o caso dos visitantes obtidos.

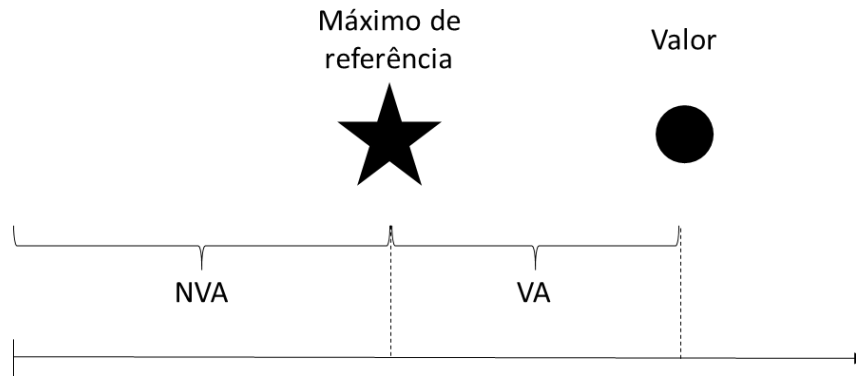


Figura 9 - Esquema ilustrativo do que acrescenta e não acrescenta valor relativamente aos visitantes obtidos

As equações que se seguem traduzem o critério de cálculo utilizado para analisar a eficiência das variáveis de controlo da gestão de topo.

Fórmula de cálculo do valor não acrescentado

$$NVA = 1 - VA \quad (3.17.)$$

onde:

NVA – não acrescenta valor

VA – valor acrescentado

Fórmula de cálculo do valor acrescentado do número de visitantes das exposições registado

$$VA = \begin{cases} 1, & \text{se } v_j > y_j \\ \frac{v_j}{y_j}, & \text{se } v_j \leq y_j \end{cases} \quad (3.18.)$$

onde:

VA – valor acrescentado

y_j – número esperado de visitantes no ano j ($j = 2009 \dots 2014$)

v_j – número de visitantes verificado em cada ano j ($j = 2009 \dots 2014$)

Fórmula de cálculo do valor acrescentado do consumo de água ou energia na ótica da gestão de topo

$$VA = \begin{cases} 1, & \text{se } y > g_j \\ \frac{y}{g_j}, & \text{se } y \leq g_j \end{cases} \quad (3.19.)$$

onde:

VA – valor acrescentado

g_j – valor global, de cada variável, no ano j ($j = 2009 \dots 2014$)

y – *target* de cada variável (ótimo de referência)

4 Apresentação dos *Dashboards* desenvolvidos

A aplicação do MSM ao Oceanário de Lisboa surge após a definição das variáveis alvo de estudo e dos respetivos indicadores de *performance*. Da aplicação da ferramenta resultaram diferentes painéis de controlo (*dashboards*) que fornecem vistas e informações diferentes sobre a eficiência da organização.

As análises realizadas funcionam como estudo retrospectivo da eficiência da organização e como protótipo para a aplicação informática a realizar no seguimento deste projeto uma vez que, não sendo dinâmicas, estão limitadas aos dados que existiam até à data em que foram feitas. Isto significa que, apesar dos dados utilizados dizerem respeito até ao final de 2014, utilizando uma ferramenta informática de suporte ao MSM seria possível que os *dashboards* fossem atualizados com a informação mais recente e a resposta aos resultados mais célere. Para além disso, o valor e utilidade da ferramenta será significativamente superior se usada em tempo real para as operações diárias das equipas.

Os *dashboards* apresentados procuram dar resposta à necessidade de informação apresentada pelas equipas.

Nos subcapítulos que se seguem, são apresentados os *dashboards* realizados para cada um dos departamentos, bem como os *targets* usados para cada uma das variáveis.

4.1 *Dashboards* de eficiência para a equipa de Biologia

Tal como explicado anteriormente, as análises MSM realizadas às variáveis de interesse para a equipa de Biologia foram feitas comparando diretamente os valores registados com os respetivos *targets* de referência. O habitat selecionado para realizar essa análise foi o tanque Central.

Habitat T-1 (Tanque Central)

A equipa de Biologia possui alguns valores de referência com os quais compara os resultados que obtém das análises que faz à água dos habitats. Esses valores, que se encontram na

Tabela 1 para o caso do tanque Central, traduzem as condições adequadas ao conforto das espécies que lá habitam. Por esse motivo, os valores de referência para o tanque Central são diferentes dos que dizem respeito aos restantes.

Tabela 1 - *Targets* dos indicadores de Biologia, relativos ao tanque Central

	Mínimo	Máximo
Saturação de oxigénio [O ₂]	96%	100%
ORP – Poder de Oxidação-Redução	360 mV	390 mV

Na Figura 10 é possível ver o resultado da análise MSM anual aos fatores do tanque Central estudados.

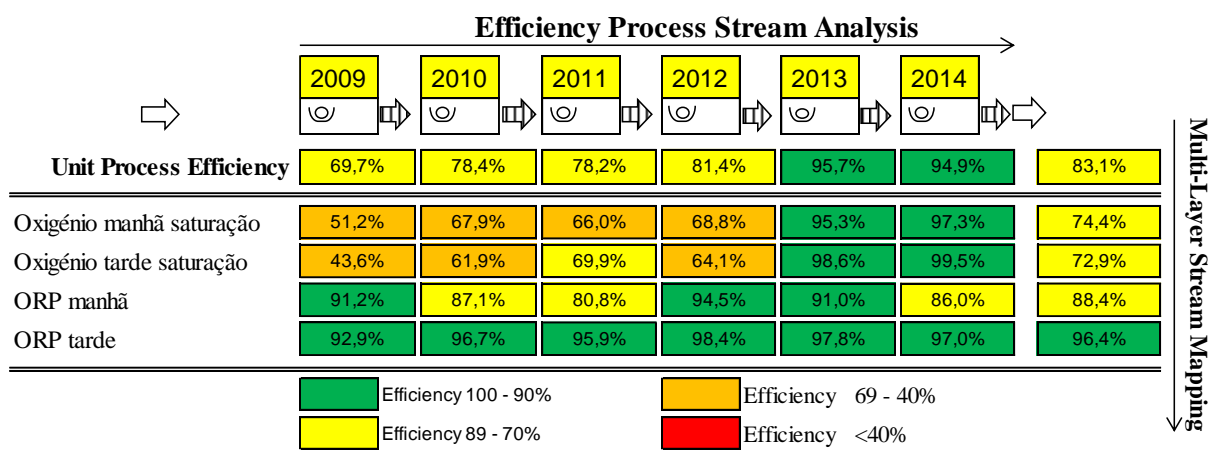


Figura 10 - Análise de eficiência MSM anual de fatores biológicos do habitat T-1 que se encontram dentro dos targets

Da Figura 1 à Figura 6 presentes no anexo A são apresentados os resultados das análises MSM mensais realizadas para os anos presentes na Figura 10 (do presente capítulo). Este estudo foi realizado com o intuito de corresponder às necessidades apresentadas pela equipa de Biologia relativamente à progressão dos resultados obtidos. As espécies não são sensíveis a variações dos resultados desde que essas variações não sejam bruscas. Da análise das figuras presentes no Anexo A podem ser retiradas algumas informações relevantes e que correspondem a factos conhecidos pela equipa. A correspondência entre os resultados obtidos e a realidade permite que o portfólio de boas práticas vá crescendo e que o MSM seja considerado cada vez mais um instrumento de trabalho. Há ainda a destacar que das análises realizadas não existem evidências de que haja uma relação entre a eficiência da saturação de oxigénio e o poder de oxidação-redução (ORP).

4.2 *Dashboard* de eficiência para a equipa de Manutenção

A equipa de manutenção tem, dentro das suas responsabilidades, a tarefa de controlar os consumos de energia e de água. Estas variáveis são recursos intensivamente usados, razão pelo que necessitam de uma elevada monitorização. O consumo de energia elétrica e térmica representa uma fatia muito elevada do orçamento da organização. Por esse motivo, pequenas melhorias que sejam implementadas podem traduzir-se em poupanças significativas num curto espaço de tempo. Analogamente, avarias e degradação dos equipamentos podem levar a perdas de eficiência altas que representam muito rapidamente custos acrescidos elevados. O estudo de eficiência dos consumos de energia térmica, energia elétrica e de água pode ajudar a evidenciar avarias ou más conformidades dos equipamentos e assim permitir atuar mais

rapidamente sobre essas falhas. Após aplicado o MSM às variáveis mencionadas, é esperado que seja visível a evolução do nível de eficiência e evidenciados os casos onde foram realizados procedimentos que tinham como objetivo reduzir os seus consumos.

Nas figuras apresentadas seguidamente é possível observar os resultados obtidos com a aplicação do MSM para estas variáveis da responsabilidade do departamento de Manutenção. Para além dos resultados são também apresentados os *targets* usados para cada um dos parâmetros examinados e realizadas algumas observações aos resultados obtidos.

4.2.1 Energia Elétrica

A análise aos consumos de energia elétrica foi feita relativamente aos consumos individuais dos principais equipamentos, as UTA's e os LSS's. Como os *targets* para cada um destes tipos de equipamento tem uma origem distinta, optou-se por desagregar o *dashboard* de eficiência. Assim, na Tabela 2 é possível ver os *targets* para o consumo de energia elétrica nos LSS's e na Tabela 3 é possível ver os *targets* para as UTA's. Os primeiros são o consumo aproximado de energia por m³ de água que atravessa o equipamento a cada hora e os segundos são os melhores valores (mínimos) da média de consumo diário dos anos estudados.

Tabela 2 - *Targets* dos indicadores de consumo de Energia Elétrica, relativos às *Life Support System* (LSS), do Departamento de Manutenção [kWh/m³]

Ótimo de Referência		Ótimo de Referência	
LSS 1A	0,0920 [kWh/m ³]	LSS 2	0,0287[kWh/m ³]
LSS 4	0,0986 [kWh/m ³]	LSS 1B	0,0910[kWh/m ³]
LSS 6	0,1694 [kWh/m ³]	LSS 3	0,0899[kWh/m ³]
LSS 8A	0,1140 [kWh/m ³]	LSS 11	0,2743[kWh/m ³]
LSS 9	0,2009 [kWh/m ³]	LSS 12	0,0409[kWh/m ³]
LSS 10	0,3115 [kWh/m ³]	LSS 8B	0,2587[kWh/m ³]

Tabela 3 - *Targets* dos indicadores de consumo de Energia Elétrica, relativos às Unidades de Tratamento de Ar (UTA), do Departamento de Manutenção [kWh/dia]

Ótimo de Referência		Ótimo de Referência	
UTA's Piso 0 (quarentena e laboratório)	67,9 [kWh]	UTA 4 e UTA 7	206,0 [kWh]
UTA 1	7,0 [kWh]	UTA 5 e UTA 9	154,6 [kWh]
UTA 2 e UTA 6	349,8 [kWh]	UTA 3	85,3 [kWh]
UTA 3 e UTA 8	31,5 [kWh]		

A Figura 11 representa a análise MSM anual aos Sistemas de Suporte de Vida. Globalmente, os consumos de energia elétrica destes equipamentos apresentam uma eficiência razoavelmente boa. Contudo é necessário ressaltar que os *targets* foram definidos segundo o consumo médio de energia de cada equipamento pelo caudal que o atravessa e que eficiências elevadas e equilibradas podem significar um consumo praticamente constante ao longo dos anos. Apesar de ser necessário ter esta informação presente quando é feita a leitura da figura, os resultados obtidos são interessantes porque conseguem traduzir os resultados esperados após concretizadas algumas ações.

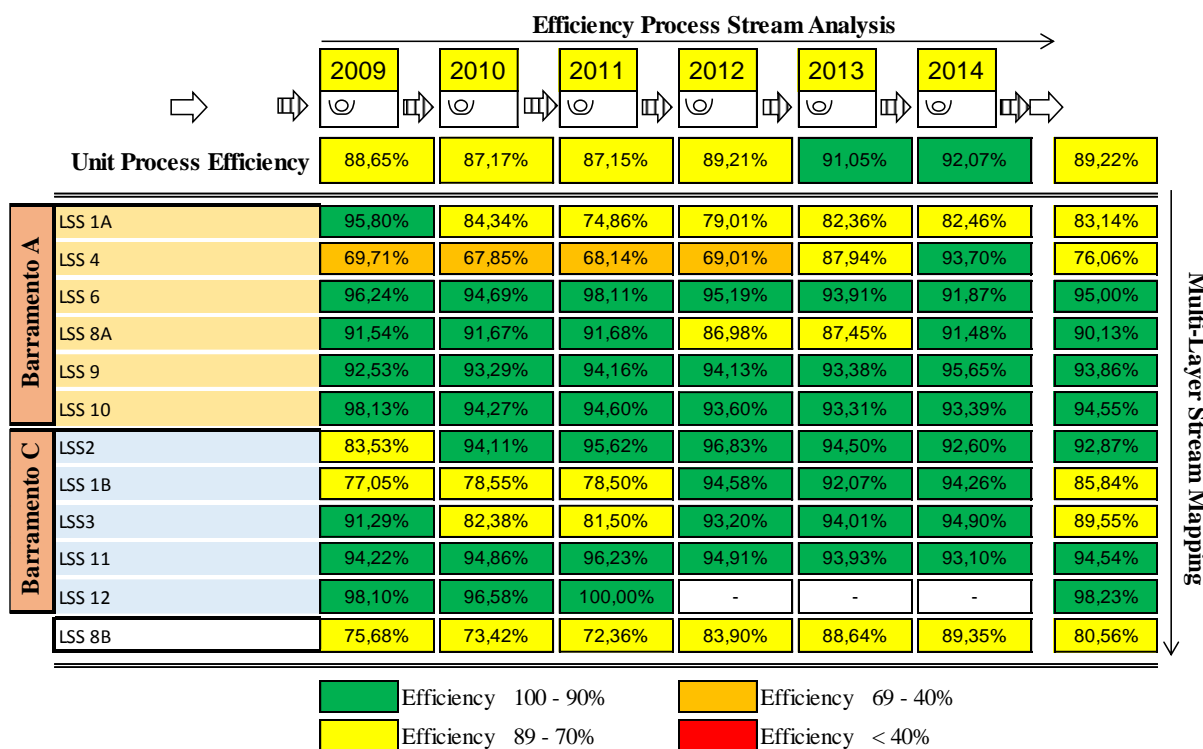


Figura 11 - Análise de eficiência MSM para o consumo anual de Energia Elétrica nos LSS [kWh]

O LSS 4 apresenta uma evolução positiva do seu nível de eficiência. O maior salto positivo acontece entre 2012 e 2013. Este resultado é justificado pela instalação de variadores de eletrónicos de velocidade e por alteração no modo de controlo dos níveis do tanque. Com estas ações era esperado que a eficiência aumentasse, tal como se veio a verificar.

Em 2012 e 2013 o consumo de energia no LSS 8A foi superior ao registado nos restantes anos. Este consumo anormal deve-se a um projeto temporário de investigação que se realizou no tanque de quarentena a que este LSS está associado, durante esse período.

À semelhança do LSS 4, também foram colocados variadores de frequência no LSS 2 e LSS 1B. Desta intervenção tecnológica resultaram ganhos de eficiência entre 2009 e 2010 e entre 2011 e 2012, respetivamente.

Por outro lado, o LSS 3 apresentou uma descida do seu nível de eficiência em 2010 e 2011. Este aumento de consumo deve-se a uma avaria no variador de frequência deste equipamento que não foi imediatamente detetada nem reparada. Mais uma vez fica evidente que a implementação de variadores eletrónicos de velocidade no controlo dos LSS resulta em ganhos de eficiência bastante significativos.

Na Figura 12 é apresentado o resultado da aplicação do MSM ao consumo anual de energia elétrica nas UTA's. Neste caso, tem de ser salvaguardado que podem ocorrer os mesmos erros de leitura que na Figura 11, ou seja, UTA's com níveis de eficiência elevados correspondem a equipamentos com consumos mais ou menos constantes ao longo dos anos estudados devido à forma como o *target* foi definido. Em casos semelhantes ao explicitado, se fossem realizadas intervenções tecnológicas que fizessem reduzir significativamente o consumo de energia elétrica, os níveis de eficiência dos anos anteriores diminuiriam relativamente ao ano em que os novos equipamentos foram introduzidos.

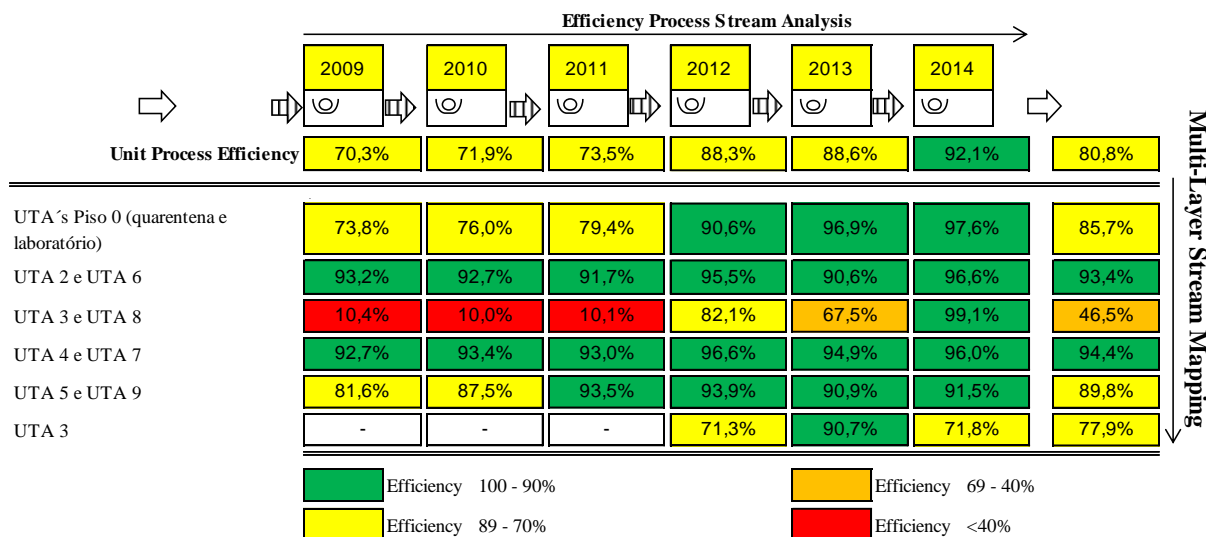


Figura 12 - Análise de eficiência MSM para o consumo anual de Energia Elétrica nas UTA [kWh]

No caso da Figura 12, o especial destaque vai para a UTA 3 e a UTA 8 que registaram ganhos de eficiência muito significativos. O salto que ocorreu entre 2011 e 2012 deve-se à substituição da UTA 3 por uma nova e tecnologicamente mais evoluída. Este investimento permitiu reduzir muito expressivamente o consumo de energia elétrica neste equipamento e o retorno do investimento foi recuperado rapidamente. Em 2013 voltou a haver uma descida que se pensa ser da responsabilidade da UTA 8 devido a ajustes ao período de funcionamento deste equipamento e porque como se pode ver na última linha da figura, a UTA 3, isoladamente, apresenta uma eficiência de 90,7% em 2013.

A versatilidade da aplicação do MSM é mais uma vez demonstrada com a análise de dados correspondentes a períodos de tempo distintos. Enquanto na Figura 12 foi feita uma análise anual entre 2009 e 2014 ao consumo de energia elétrica nas UTA's, a Figura 13 apresenta-nos uma análise mensal do ano 2012 para esta variável. Estes resultados, como são mais detalhados, permitem compreender com maior exatidão o impacto que teve a substituição da UTA 3 por uma nova. Esta foi a razão pela qual o ano de 2012 foi o selecionado para fazer a demonstração deste tipo de *dashboards*.

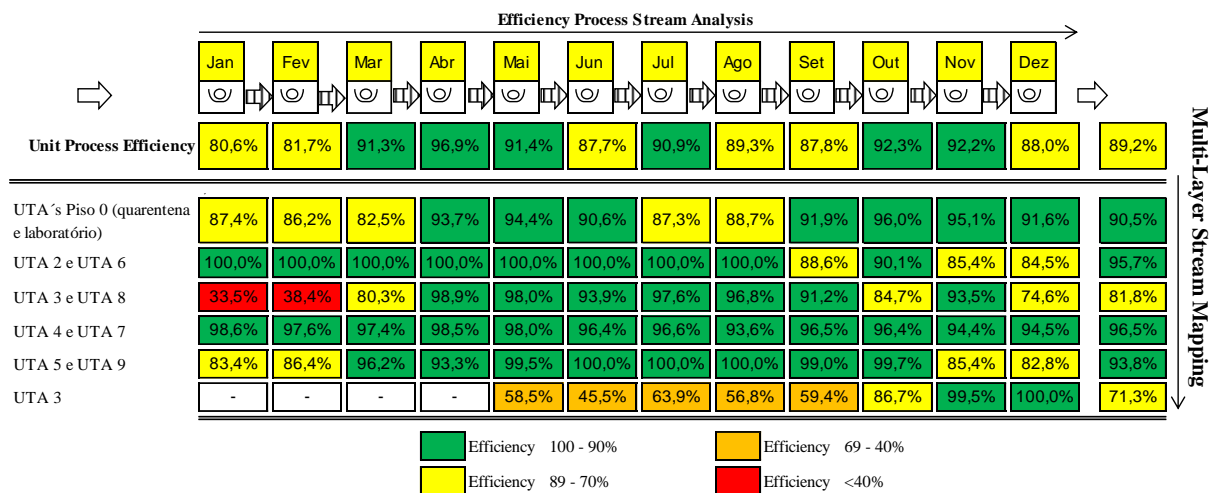


Figura 13 - Análise de eficiência MSM para o consumo mensal de Energia Elétrica das UTA em 2012 [kWh]

Pelo salto significativamente positivo ao nível da eficiência da UTA 3 e da UTA 8 entre fevereiro e março, facilmente se percebe que a substituição de equipamento ocorreu em Março e que rapidamente gerou poupanças elevadas nos consumos desta unidade.

Seguindo a mesma lógica de desconstrução das variáveis ao longo do tempo, após ser feita a análise mensal ao longo do ano de 2012, foram feitas duas análises semanais ao mês de março desse ano (Figura 14 e Figura 15). A escolha deste mês resulta do resultado obtido na Figura 13, onde se havia percebido que a substituição da UTA 3 tinha ocorrido durante este mês. Ao aplicar-se o MSM a períodos de tempo cada vez mais curtos, como esta renovação tecnológica teve impactos visivelmente grandes pelos resultados anteriores, então conseguir-se-á determinar exatamente quando é que essa alteração ocorreu.

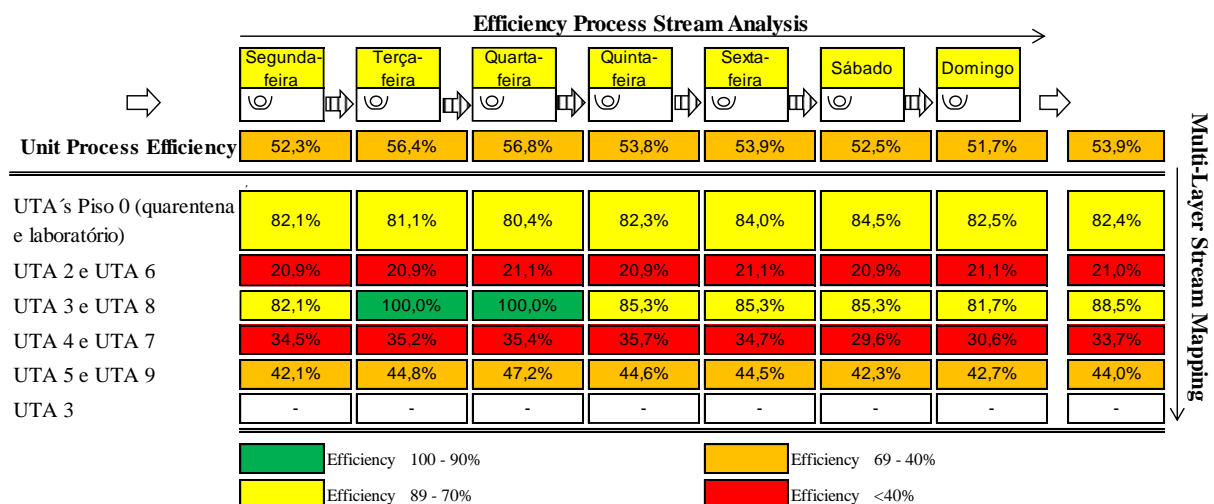


Figura 14 - Análise de eficiência MSM para o consumo semanal de Energia Elétrica das UTA em março de 2012 [kWh]

A realização de duas análises MSM semanais distintas resulta do facto do tipo de informação que pode ser retirada de cada uma delas ser diferente. Enquanto a abordagem anterior (Figura 14) dá uma perspetiva da eficiência para cada dia da semana, o que permite relacionar as atividades que são realizadas em cada dia com os resultados obtidos, neste caso (Figura 15), o que se pretende é ver a eficiência global de cada semana por mês. Este tipo de vista é muito útil para as organizações porque lhes permite fazer uma comparação direta com a semana

anterior e perceber se os resultados estão a progredir de uma forma positiva ou negativa para cada indicador.

Da análise da Figura 14 consegue-se perceber que a substituição do equipamento na UTA 3 terá decorrido a uma terça-feira ou a uma quarta-feira. Adicionalmente, a Figura 15 dá-nos a informação de que essa alteração terá acontecido na segunda semana desse mês.

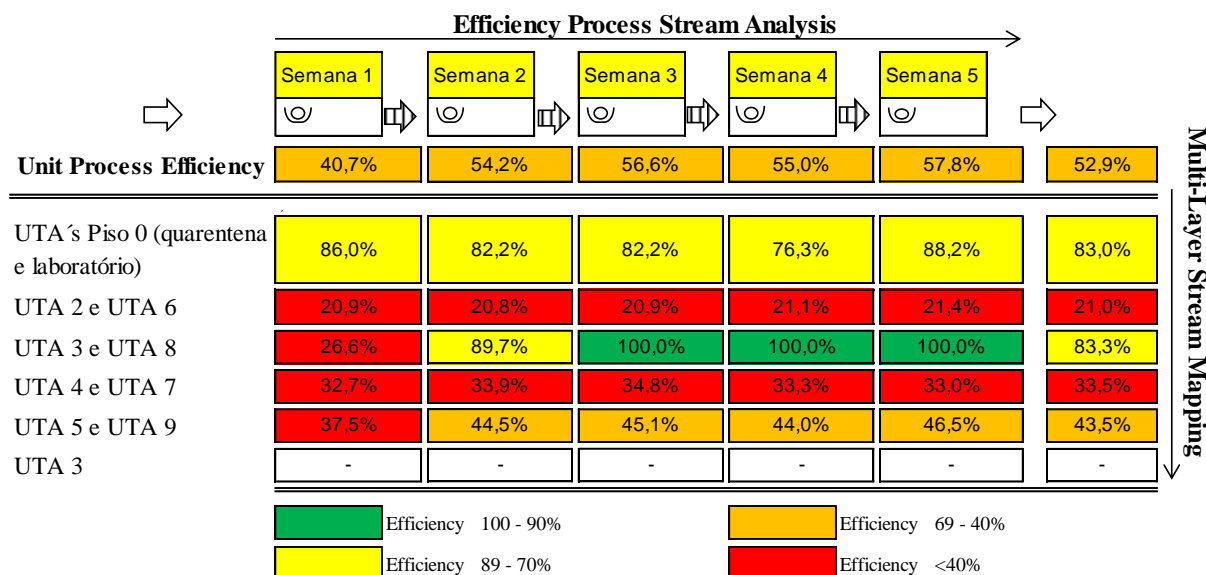


Figura 15 - Análise de eficiência MSM para o consumo semanal de Energia Elétrica das UTA em março de 2012 [kWh]

Como forma de completar a informação recolhida, realizou-se a análise diária presente na Figura 16 e que correspondente à eficiência de consumo de energia elétrica na UTA 3 e na UTA 8 durante o mês de março de 2012.

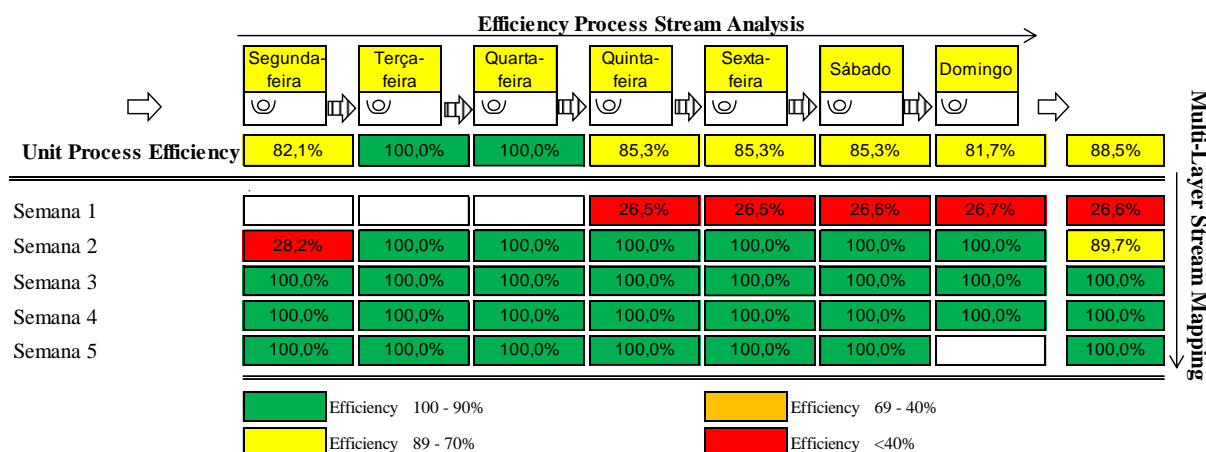


Figura 16 - Análise de eficiência MSM para o consumo diário de Energia Elétrica da UTA 3 e da UTA8 em março de 2012 [kWh]

Tal como esperado, os resultados voltam a evidenciar que a substituição do equipamento decorreu durante a segunda semana de março de 2012. Para além disso consegue-se confirmar que se tratava de uma terça-feira. Como se trata de uma análise diária ao longo deste mês, é igualmente possível saber o dia exato. Assim, e após interligar todos os resultados obtidos das análises MSM feitas aos consumos de energia elétrica nas UTA's, sabe-se que a substituição deste equipamento ocorreu no dia 6 de março de 2012. Esta ampliação dos resultados obtidos

com o MSM foi realizada pela primeira vez neste projeto e representa uma oportunidade de alavancar os ganhos conseguidos pelo uso da ferramenta graças à precisão que ela consegue atingir.

A desmultiplicação da análise MSM apresentada serve de exemplo ilustrativo da informação que a ferramenta consegue fornecer. No presente caso estamos perante algo que aconteceu no passado e com o qual se procurou demonstrar que o MSM não é uma ferramenta capaz de camuflar informação tão intrínseca aos parâmetros estudados. Com este exemplo fica explícito que a ferramenta é capaz de retratar a realidade e direcionar as atenções tanto para os resultados positivos como para os negativos.

4.2.2 Energia Térmica

A energia térmica é um recurso que é adquirido já sob a forma de quente ou de frio a uma empresa responsável por fornecer este tipo de energia a todas as infraestruturas da zona do Parque das Nações. Apesar do Oceanário de Lisboa ter autorização para ter unidades de reserva para o caso de este fornecimento ser interrompido, o facto de ser obrigado por questões legais e contratuais a comprar este recurso a esta empresa faz com que esteja sujeito aos preços por si praticados e não possa recorrer a soluções eventualmente mais baratas. Por este motivo, todas as boas práticas que conduzam a poupanças de consumo serão entendidas como benéficas para o meio ambiente e para o equilíbrio orçamental da organização.

A análise de eficiência quanto ao consumo de energia térmica foi feita ao nível das UTA's. À semelhança do que havia sido realizado para o consumo de energia elétrica nestas unidades, os *targets* que se encontram na Tabela 4 foram definidos pelos melhores consumos diários médios anuais correspondentes aos anos estudados (de 2009 a 2014).

Tabela 4 - *Targets* dos indicadores de consumo de Energia Térmica, relativos às Unidades de Tratamento de Ar (UTA), do Departamento de Manutenção [kWh/dia]

Ótimo de Referência		Ótimo de Referência	
UTA 2 Frio	426,7 [kWh]	Magnólia Frio	289,2 [kWh]
UTA 3 Frio	384,5 [kWh]	UTA 4 Quente	470,9 [kWh]
UTA 4 Frio	100,0 [kWh]	UTA 6 Quente	241,1 [kWh]
UTA 5 Frio	607,7 [kWh]	UTA 7 Quente	200,4 [kWh]
UTA 6 Frio	232,3 [kWh]	UTA 8 Quente	91,7 [kWh]
UTA 7 Frio	153,5 [kWh]	UTA 9 Quente	146,0 [kWh]
UTA 8 Frio	35,5 [kWh]	Edifício de Apoio Quente	408,3 [kWh]
UTA 9 Frio	95,3 [kWh]	Edifício Principal Quente	2124,0 [kWh]
Edifício de Apoio Frio	2508,8 [kWh]	Magnólia Quente	101,1 [kWh]
Edifício Principal Frio	6748,8 [kWh]		

Na Figura 17 é apresentado o resultado da análise MSM ao consumo anual de energia térmica nas principais unidades de tratamento de ar da organização em estudo.

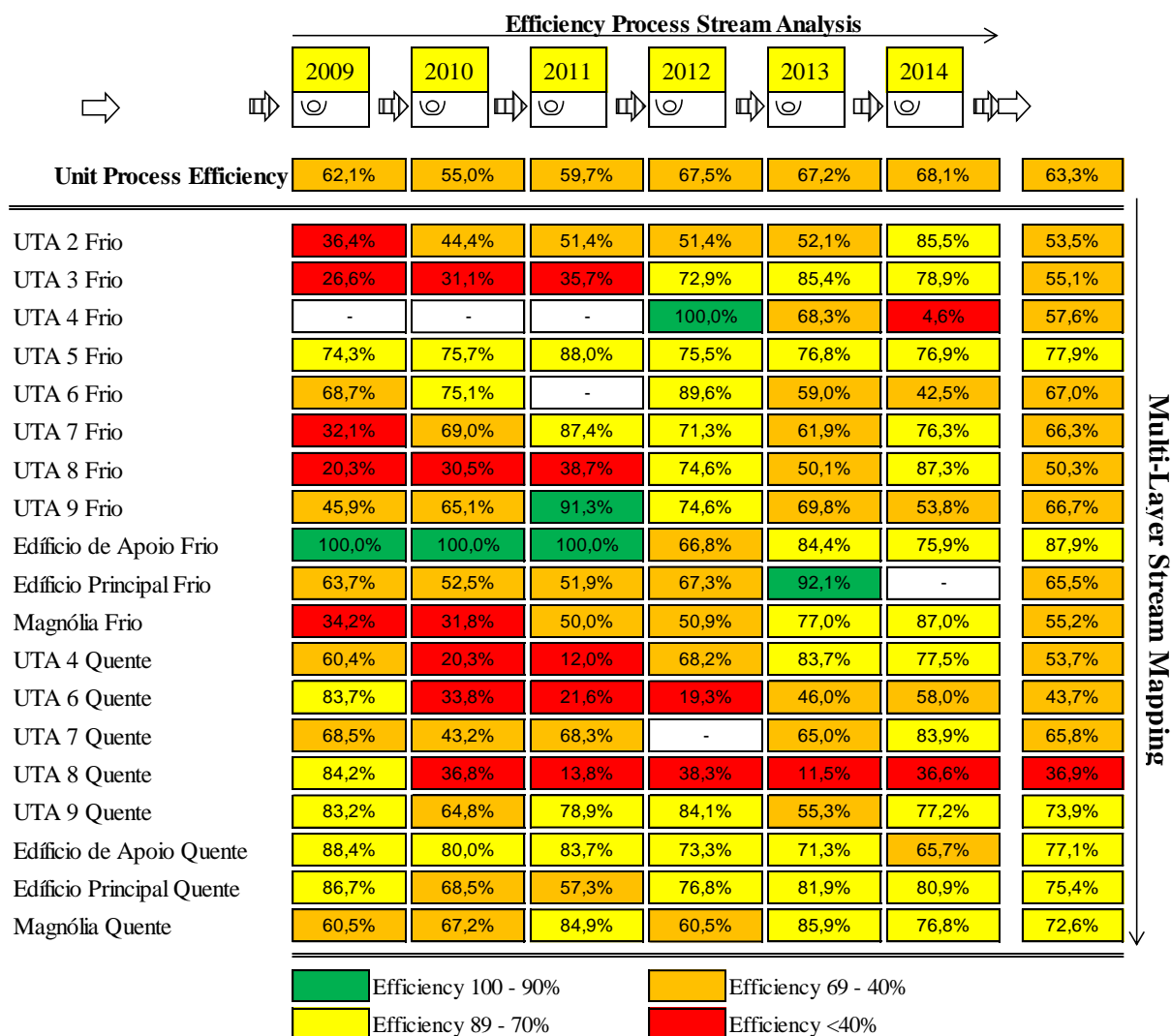


Figura 17 - Análise de eficiência MSM para o consumo anual de Energia Térmica nas UTA [kWh]

Da análise do *dashboard* anterior existem alguns resultados a destacar e que foram rapidamente identificados pela equipa de manutenção.

O salto positivo entre 2013 e 2014 na UTA 2 Frio deve-se à substituição deste equipamento em Março de 2014 e por isso é esperado que os resultados em 2015 sejam ainda melhores.

Quanto à UTA 3 frio, e tal como já foi dito na análise ao consumo de energia elétrica, este equipamento foi substituído em 2012. Esta é a razão pela qual se regista um aumento na eficiência de consumo tão elevado entre 2011 e 2012.

As UTA's 2, 3, 4 e 5 são aquelas que mais sofrem da influência da temperatura exterior porque estão associadas aos habitats Antártico, Atlântico, Índico e Pacífico, respetivamente. O facto das coberturas destes 4 habitats serem todas elas envidraçadas é a razão pela qual existe uma forte interferência da temperatura exterior na climatização do espaço interior. Anteriormente existia uma serigrafia na face exterior dos vidros que dissipava parte da radiação térmica solar. No entanto, em 2013 e 2014 foi realizada uma limpeza de fundo nesses mesmos envidraçados, levando a que uma grande percentagem desta serigrafia fosse removida, aumentando a radiação térmica solar no interior de cada habitat e como consequência direta um aumento da temperatura nesse espaço. Esse aumento de temperatura fez com que as UTA's que climatizam esses espaços tivessem que aumentar o consumo de energia térmica fria para compensar o referido aumento de temperatura.

Os maus resultados registados na UTA 8 Frio devem-se à introdução de anfíbios em 2010. Com a introdução destas novas atrações ao espaço de exposições tornou-se necessário realizar uma redefinição dos horários de climatização. Todavia, existiu alguma dificuldade no ajuste da temperatura e o processo prolongou-se durante algum tempo levando a um consumo acima do esperado.

Uma última nota a destacar é relativa ao edifício de apoio. Ainda que seja mais evidente no consumo de energia térmica fria, denota-se uma descida de eficiência entre 2011 e 2012. A razão apontada para o aumento de consumo de energia é a instalação de três salas de educação neste edifício.

4.2.3 Água

A análise MSM ao consumo de água foi feita por edifícios e entre o ano de 2011 e o ano de 2014. Para a definição dos *targets* de referência descritos na Tabela 5 foi utilizado um critério de consumo específico baseado no número de visitantes. Como o número de visitantes é uma variável sensível à sazonalidade, foi definido um consumo específico para cada mês do ano. A partir destes valores o MSM foi aplicado aos dados existentes e dessa análise resultou o *dashboard* da .

Tabela 5 - *Targets* dos indicadores de consumo de Água, relativos ao Departamento de Manutenção [m³/visitante]

Ótimo de Referência		Ótimo de Referência	
Janeiro	0,02923 [m ³ /visitante]	Julho	0,01532 [m ³ /visitante]
Fevereiro	0,02494 [m ³ /visitante]	Agosto	0,01159 [m ³ /visitante]
Março	0,01783 [m ³ /visitante]	Setembro	0,01597 [m ³ /visitante]
Abril	0,01661 [m ³ /visitante]	Outubro	0,02182 [m ³ /visitante]
Maio	0,00706 [m ³ /visitante]	Novembro	0,02904 [m ³ /visitante]
Junho	0,02024 [m ³ /visitante]	Dezembro	0,01438 [m ³ /visitante]

Os *targets* definidos na Tabela 5 são provisórios e procuram fazer uma aproximação à realidade. Todavia, como os consumos estão contabilizados de forma muito agregada (por edifícios) e correspondentes a fontes de consumo distintas, admite-se que se trata de uma variável que necessita de ser aperfeiçoada. Porém, para meio de referência para o teste piloto realizado, pensa-se ser um bom método de comparação.

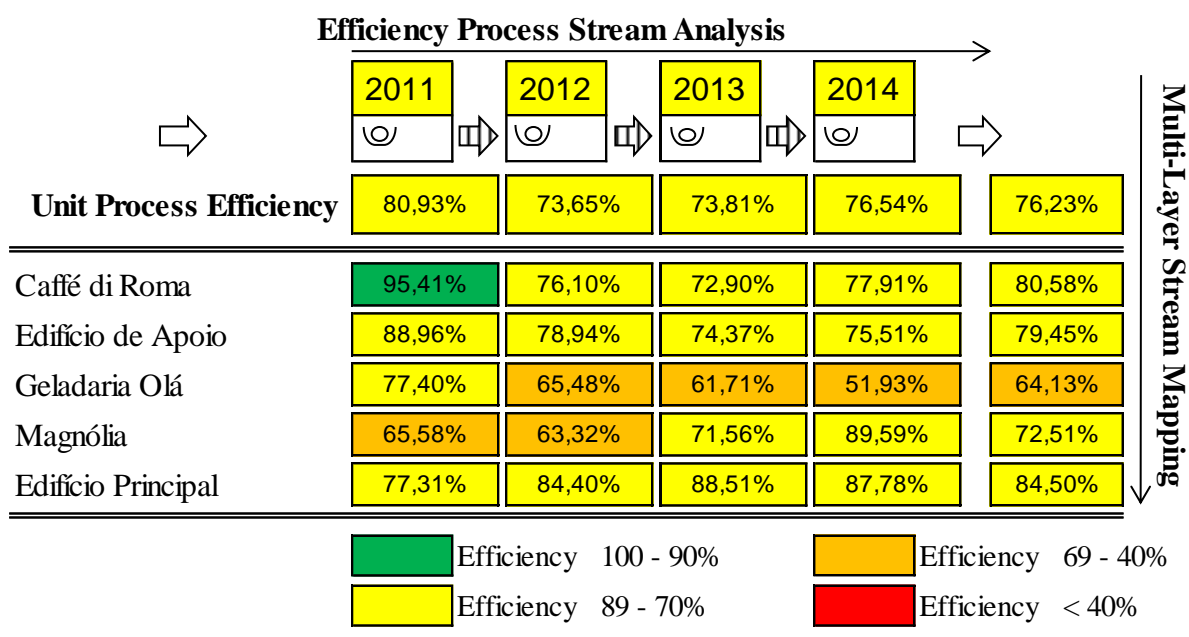


Figura 18 - Análise de eficiência MSM cc

Da análise da Figura 18 não existe evidência de que os resultados obtidos estejam relacionados com algum facto específico. Todavia, seria muito interessante compreender a razão pela qual o consumo de água foi significativamente inferior em 2011, comparativamente aos restantes anos, no Caffé di Roma.

4.3 Dashboard de eficiência para a Gestão de Topo

A análise da eficiência através da ferramenta MSM para variáveis de interesse para a Gestão de Topo foram feitas a dois níveis, quanto ao consumo de energia e água e quanto aos visitantes das exposições.

4.3.1 Energia e Água

No cálculo dos níveis de eficiência para os parâmetros globais relativos à energia e água consumidas foram usados os *targets* da Tabela 6. Estes *targets* são valores de referência definidos administrativamente e servem de padrão para comparar com os resultados obtidos.

Tabela 6 - Objetivos anuais dos indicadores de Energia e Água, relativos à Gestão de Topo

Ótimo de Referência		Ótimo de Referência	
Energia Elétrica – Faturação	686.367 [€]	Energia Térmica – Custo Unitário	0,07 [€/kWh]
Energia Elétrica – Consumo	6.933.000 [kWh]	Água – Faturação	66.960 [€]
Energia Elétrica – Custo Unitário	0,10 [€/kWh]	Água – Consumo	31.000 [m³]
Energia Térmica – Faturação	488.600 [€]	Água – Custo Unitário	2,16 [€/m³]
Energia Térmica – Frio-Consumo	5.500.000 [kWh]	Gasóleo – Faturação	5.500 [€]
Energia Térmica – Quente – Consumo	1.500.000 [kWh]	Gasolina – Faturação	3.500 [€]

A Figura 19 traduz a eficiência dos fatores estratégicos relativos à água e energia comparativamente aos valores de referência mencionados na tabela anterior.

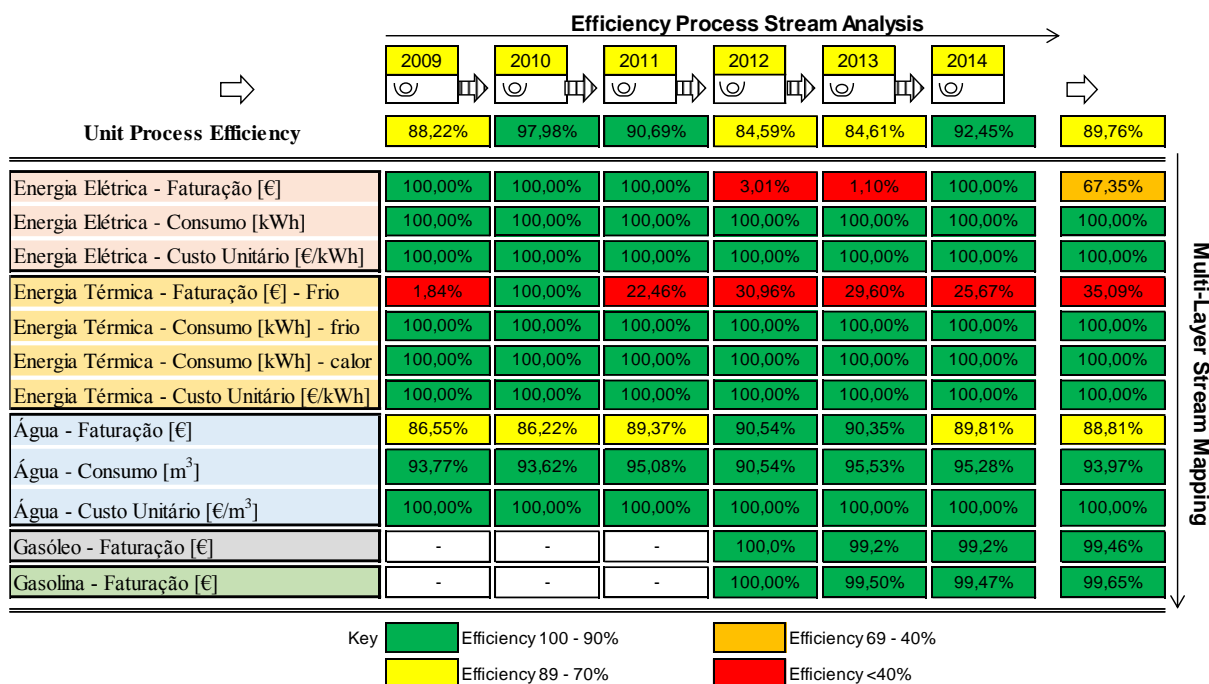


Figura 19 - Análise de eficiência MSM anual de fatores estratégicos relativos à energia e água de toda a organização

Os resultados obtidos demonstram que existe, globalmente, uma boa eficiência quanto a estas variáveis. Pelos resultados também se percebe que o objetivo foi atingido na maior parte dos anos e para quase todas as variáveis. Perante o mostrado no *dashboard* anterior, pensa-se que os objetivos traçados deveriam ser mais ambiciosos de forma que o desafio de eliminar todo o tipo de desperdícios no consumo destes recursos seja maior.

4.3.2 Visitantes

A Tabela 7 descreve objetivamente as metas definidas pela gestão e topo quanto ao número de visitantes (totais, nacionais e internacionais) a atingir a cada ano. Estes valores não são constantes e variam tanto por questões internas como externas.

Tabela 7 - Objetivos anuais dos indicadores de visitantes, relativos à Gestão de Topo

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Total Visitantes	980000	960000	1065000	950000	915000	915000
Visitantes Nacionais	360000	336000	365000	332000	300000	310000
Visitantes Internacionais	620000	624000	700000	638000	615000	605000

A Figura 20 apresenta os resultados do estudo MSM realizado ao número de visitantes anuais das exposições do Oceanário de Lisboa.

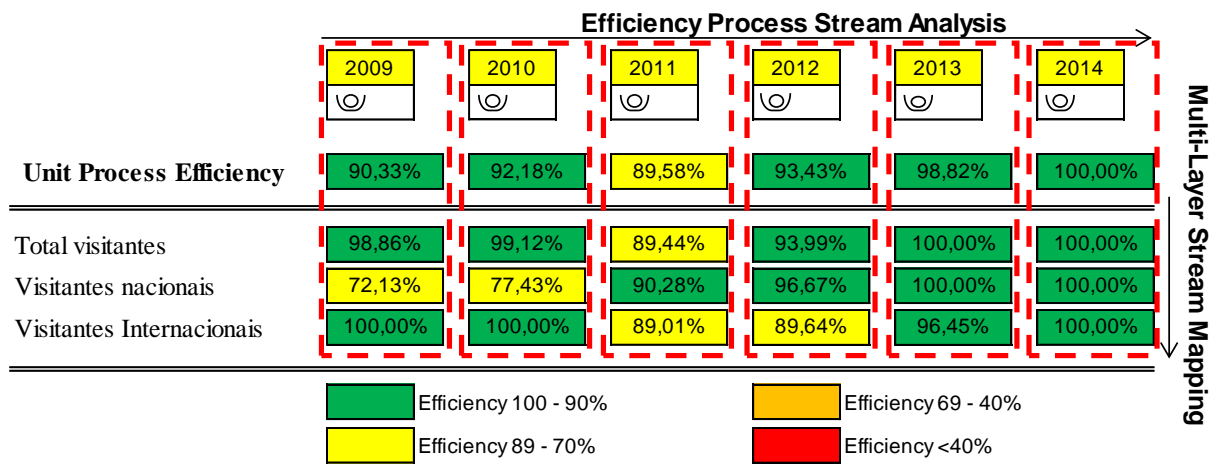


Figura 20 - Análise de eficiência MSM anual de fatores estratégicos relativos ao número de visitantes

Na Figura 20, embora tenha sido aplicado o MSM, a sua leitura deve ser feita de forma cuidada e prudente. No caso do número de visitantes, os *targets* são continuamente ajustados tendo em conta os resultados do ano anterior e fatores externos, nomeadamente económicos. Deste modo, como não existe um *target* comum, não é possível, à luz do MSM, fazer uma eficiência agregada de todos os anos. Assim, a interpretação que deve ser realizada é a de que cada vetor coluna do *dashboard* apresentado seria um *dashboard* diferente. Todavia, a mais-valia que a análise visual dos resultados da aplicação do MSM proporciona é por si só muito relevante.

4.4 Discussão de Resultados

Relativamente aos resultados obtidos das análises realizadas aos parâmetros de controlo da Biologia selecionados, de uma forma geral não se registaram resultados excessivamente preocupantes. Dentro dos valores que se pensa serem concordantes com as condições de conforto das espécies e uma aproximação ao seu habitat natural, têm sido registados bons resultados e nota-se uma progressão positiva ao longo dos anos. As análises mensais realizadas permitem não só compreender mais detalhadamente o histórico evolutivo das variáveis estudadas, como a não existência de uma relação direta entre os resultados da saturação de oxigénio e o poder oxidação-redução do tanque.

Da parte da manutenção, foi onde foram encontrados os resultados mais interessantes porque é onde se consegue mais facilmente saber as razões de muitos dos bons e dos maus resultados. A justificação para que seja mais fácil identificar o motivo para grandes alterações ao nível da eficiência está relacionado com o facto de se tratar de alterações ao sistema que provocam mudanças significativas. Este tipo de resultados eram aqueles em que havia uma maior expectativa quando o projeto teve início, porque permitiriam demonstrar a grande utilidade que a ferramenta pode ter no dia-a-dia das equipas, através de informação que elas próprias têm capacidade de ler e interpretar. Para além disso, são também capazes de reconhecer nos resultados os motivos que levam a maus e a bons níveis de eficiência para que os bons sejam replicados no futuro e, desta forma, conseguir aumentos de eficiência.

Apesar de ter sido feito um grande esforço para que os *targets* usados nas variáveis de controlo da manutenção fossem os mais representativos dos objetivos da organização e realistas de um ponto de vista de consumo normal dentro da sua atividade, reconhece-se que é um fator que deve continuar a ser explorado principalmente pelas equipas e seus superiores. Os *targets* devem ser realistas de um ponto de vista operacional porque não devem representar valores impossíveis de serem atingidos, mas devem ser suficientemente ambiciosos para unirem todos os colaboradores por um único objetivo.

Apesar desta ressalva relativamente aos *targets* definidos, os resultados obtidos foram muito positivos. Tal como foi explicado, a desmultiplicação da análise em períodos de tempo distintos permitiu fazer um rastreio do comportamento de algumas variáveis e detetar exatamente em que dia é que havido sido feita uma substituição importante de equipamento. Este exemplo ilustrativo para um dos casos, seria rapidamente replicado para infinitas situações caso a informação armazenada o permitisse e o MSM estivesse informaticamente implementado na organização com um *software* devidamente ajustado às suas necessidades.

No caso da gestão de topo, os resultados obtidos exigem uma leitura muito cuidada. Estando num nível mais estratégico, os objetivos da organização são definidos tendo em conta fatores externos que influenciam direta ou indiretamente a sua atividade. No caso da análise à energia e à água, pensa-se que os atuais objetivos da organização são pouco ambiciosos e mal ajustados à capacidade de resposta da mesma. Neste momento, os objetivos de consumo são mais exigentes para o departamento de manutenção do que para aquilo que a gestão de topo espera que seja atingido anualmente. Quanto ao número de visitantes denota-se o esforço que tem sido feito para atrair um maior número de turistas nacionais, apenas se espera que não se reduzam esforços para continuar a atrair os turistas internacionais.

4.5 Propostas de Melhoria

Perante os resultados obtidos e do conhecimento adquirido sobre a organização sugerem-se as seguintes propostas que poderão ajudar a alavancar a sua eficiência e contribuir para uma melhor organização do trabalho:

- Separar as contagens de consumo de água por mais unidades. Este recurso é gasto em operações diferentes dentro dos diversos edifícios que fazem parte do Oceanário de Lisboa. Neste momento os consumos encontram-se demasiado agregados, nomeadamente na água que é usada para abastecer os tanques do Edifício Principal e do Edifício do Mar. Para que seja feita uma análise de eficiência mais correta e sejam detetadas oportunidades de redução de consumos seria importante saber mais detalhadamente como é que esses gastos são feitos e adequar os *targets* às variáveis que mais interferem nesses consumos como por exemplo a quantidade de sal usada para abastecer os tanques do Edifício Principal;
- Detalhar pormenorizadamente as operações de manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos. De forma a identificar os equipamentos necessitam de ser mais vezes substituídos ou reparados seria importante que houvesse um registo pormenorizado de todas as operações de manutenção realizadas. Isto permitiria não só averiguar se o fornecedor deve ser substituído, mas também definir *stocks* de segurança de equipamentos;
- Utilizar contadores que não sejam a pilhas. Uma das falhas detetadas durante este estudo foi a omissão de dados. Mais tarde percebeu-se que a razão pela qual os consumos de energia e água tinham períodos de tempo sem qualquer registo se deve ao facto de contadores existentes funcionarem a pilhas. Conclui-se assim que a falta de registos detetada se deveu ao facto da pilha do contador necessitar de ser substituída. Para evitar esse tipo de ocorrências propõe-se a substituição destes equipamentos.
- Substituir os contadores por uns tecnologicamente mais evoluídos. Esta alteração seria uma mais-valia porque ajudaria a que não houvesse tantos erros de leitura, pois existem contagens que são nitidamente *outliers*. Para além disso, utilizar uma ferramenta como o MSM nas tarefas diárias das equipas, com erros de leitura, faria com que houvesse a sinalização de que algo de errado se passaria com algum sistema ou equipamento e tratar-se-ia de uma informação errada.

- Registrar o tempo efetivo de funcionamento dos equipamentos. Neste momento, o formato que está implementado apenas contabiliza o consumo de energia e água a cada hora. Todavia, a informação relativa ao tempo que efetivamente ocorreu consumo durante essa hora é perdida. Caso essa informação fosse guardada, o nível de eficiência do equipamento seria baseado única e exclusivamente nas definições do equipamento e facilmente se compreenderia a taxa de degradação da máquina ao longo dos anos.
- Realizar a substituição dos equipamentos de maior consumo de acordo com o orçamento disponível. Tal como o exemplo da UTA 3, alguns equipamentos são responsáveis pelo consumo de grandes quantidades de energia. No caso demonstrado ficou provado que a redução de consumo que ocorre é muito significativa e como o custo unitário do kWh de energia tende a aumentar dada a conjuntura económica, sugere-se a substituição gradual e equilibrada dos equipamentos atuais.
- Reformular o calendário de análises aos parâmetros de qualidade da água. Há uns anos eram realizados testes diários a praticamente todas as variáveis de controlo da qualidade da água. Gradualmente, o número de análises foi diminuído devido ao elevado número de tanques existentes, que fazia disparar o número de testes que tinham de ser realizados diariamente. Assim, e depois de analisadas as várias variáveis e detetadas aquelas que se encontram mais estáveis, propõe-se uma reformulação do calendário de testes de forma a dar mais atenção àquelas que se encontram mais instáveis e libertando recursos (materiais e humanos) de algumas operações rotineiras desnecessárias.
- Pesquisa de novos tipos de alimentos. Propõe-se que se tentem encontrar alimentos alternativos que sejam nutricionalmente equilibrados e atrativos para as espécies mas que não tenha um papel tão nocivo para a qualidade da água.
- Incentivar a uma política de participação por parte de todos os colaboradores. Quem está no terreno e lida diariamente com os problemas e dificuldades das suas tarefas, sabe mais facilmente detetar os pontos de ineficiência. Além disso, consegue automaticamente sugerir formas alternativas de concretizar essas mesmas tarefas mas pode sentir-se reprimido a fazê-lo. Como tal, proporcionar este tipo de ambiente e cultura dentro da organização deve partir das pessoas com cargos de topo.
-

5 Conclusões

Com a realização deste projeto, conseguiu-se fazer uma implementação adequada da ferramenta MSM ao caso em estudo. Como se tratou da primeira vez que o MSM não foi aplicado a uma linha de produção, todo o trabalho desenvolvido pretende demonstrar a versatilidade da aplicação desta ferramenta noutra área de atuação.

Este trabalho foi inovador pois nunca havia sido antes feita a análise de um grande volume de dados históricos para a aplicação do MSM. Esta abordagem permitiu perceber que realizar estudos retrospectivos antes de se utilizar o MSM nas atividades diárias e rotineiras da organização pode revelar-se muito útil. Procurar saber e compreender o que aconteceu no passado ajuda a evitar que erros sejam repetidos e boas práticas sejam replicadas.

Derivado do estudo do histórico de informação surgiu a possibilidade de fazer diferentes análises selecionando períodos de tempo diversos. Esta desmultiplicação dos dados em períodos de tempo diferenciados foi realizada, a título de exemplo, para o consumo de energia elétrica das unidades de tratamento de ar. Com este exemplo ficou explícito que a ferramenta é capaz de retratar a realidade e direcionar as atenções tanto para os resultados positivos como para os negativos. A aplicação do MSM a diferentes períodos de tempo foi algo que nunca tinha sido feito mas que representou uma melhoria bastante positiva à ferramenta visto que lhe confere maior versatilidade e exponencia o volume de resultados retornados.

Este estudo ficou também enriquecido pelo espectro variado das variáveis que foram estudadas, mas que de alguma forma se completam, e serem representativas daquilo que é controlado dentro da organização.

Na definição dos indicadores de *performance* foram tomadas em consideração as características intrínsecas às variáveis, a periodicidade com que são guardadas e fatores que as afetam direta ou indiretamente, nomeadamente as principais atividades realizadas pelas equipas. Porém, considera-se importante salientar que os *targets* sobre os quais os indicadores de *performance* são aplicados, não têm um cariz estático e definitivo. Pelo contrário, os *targets* são variáveis que devem ser ajustados à capacidade, objetivos e ambições da organização, sempre que não resultem da aferição real da porção da variável que acrescenta valor (e que é sempre o processo recomendável para a esta avaliação). Todavia, como neste caso foi realizado um estudo retrospectivo, era necessário que existisse um *target* definido para que as devidas comparações sobre o estado evolutivo da eficiência pudessem ser realizadas. Como tal, e em conjunto com os responsáveis pelos diferentes departamentos, procurou-se definir esses valores de uma forma equilibrada para os anos que foram estudados.

Do volume de análises feitas aos diferentes departamentos, destaque para a não aparente relação entre a eficiência do poder de oxidação-redução e a eficiência da saturação de oxigénio no tanque Central.

Na área do departamento de manutenção, os resultados a destacar dizem respeito às excelentes melhorias que ocorreram sempre que houve uma substituição de equipamentos ou a introdução de variadores eletrónicos de velocidade. Por outro lado, e numa perspetiva

negativa, o destaque vai para o impacto que um ajuste do horário de funcionamento dos equipamentos tem no consumo de energia.

Nos resultados obtidos às análises feitas aos parâmetros de controlo da gestão de topo ficou evidente que os atuais *targets* para os consumos de energia e água não são suficientemente ambiciosos. Quanto ao número de visitantes, os resultados apresentados não são uma verdadeira análise MSM completa porque os *targets* são voláteis ao longo do tempo e isso está em desacordo com os princípios da ferramenta.

Perspetivas de trabalhos futuros

Este projeto funcionou como um estudo piloto para a aplicação do *Multi-Layer Stream Mapping* ao Oceanário de Lisboa, mas no futuro seria essencial transpor todo o trabalho de análise e adaptação do MSM à organização, através de uma aplicação informática.

Para além do sistema informático que seria crucial para que a ferramenta fosse usada nas atividades diárias dos funcionários, seria igualmente interessante alargar o espetro de análise dos parâmetros de qualidade da água controlados pela equipa de Biologia.

Por outro lado, seria importante aplicar o MSM conjugado com uma ferramenta estatística para avaliar as variáveis que dependem mais fortemente de outras e testarem-se ferramentas de otimização. Deste modo poder-se-ia gerar de forma quase automática cenários de melhoria que auxiliem ainda mais o processo de decisão para a melhoria contínua.

Ampliando o estudo a outros fatores que poderão ser do interesse da equipa de Biologia, seria atrativo realizar uma análise MSM ao número de animais que nascem em cativeiro pois bons resultados seriam um bom indicador do bem-estar e adaptação das espécies.

No campo da manutenção, seria importante realizar uma análise MSM a fatores relativos à gestão da manutenção nomeadamente ao tempo médio entre avarias, tempo de reparação de um equipamento, tempo entre substituições de válvulas, entre muitos outros exemplos.

Referências

Uncategorized References

- Abib, Gustavo 2014. "Biblioteca de Indicadores". Acedido a 23-03-2015. <http://www.bibliotecadeindicadores.com.br/>.
- Baptista, António, Emanuel Lourenço e João Pereira. 2014. "*Multi-Layer Stream Mapping*[®] - Uma nova abordagem para a gestão da eficiência de recursos e produtividade de um sistema de produção". Comunicação apresentada em Engenharia 2020 - Uma estratégia para Portugal, em Alfândega do Porto.
- Barber, Clifford S. e Brian C. Tietje. 2008. "A research agenda for value stream mapping the sales process". *Journal of personal selling & sales management* no. 28 (2):155-165.
- Bortolotti, Thomas, Stefania Boscari e Pamela Danese. 2015. "Successful lean implementation: Organizational culture and soft lean practices". *International Journal of Production Economics* no. 160 (0):182-201.
- Braglia, Marcello, Marco Frosolini e Francesco Zammori. 2009. "Uncertainty in value stream mapping analysis". *International Journal of Logistics: Research and Applications* no. 12 (6):435-453.
- Corporation, Lead Light Technologies. 2000. "The KPI S-M-A-R-T Rule". Acedido a 23-03-2015. <http://www.lltcorp.com/>.
- Cuatrecasas Arbós, Lluís. 2002. "Design of a rapid response and high efficiency service by lean production principles: Methodology and evaluation of variability of performance". *International Journal of Production Economics* no. 80 (2):169-183.
- de Almeida Murça, Vítor Armando. 2012. "Aplicação da filosofia Lean na área da Manutenção", INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA.
- de Haan, J., M. Yamamoto e G. Lovink. 2001. "Production planning in Japan: Rediscovering lost experiences or new insights?". *International Journal of Production Economics* no. 71 (1-3):101-109.
- Emiliani, M. L. 1998. "Lean behaviors". *Management decision* no. 36 (9):615.
- Fraga, António Augusto Gaspar. 2014. "Aplicação do *Multi-Layer Stream Mapping*[®] para a gestão da eficiência de recursos e produtividade de um sistema de produção", Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Gomes, Diogo Manuel Gonçalves. 2012. "Lean Manufacturing and the Garment Industry: A Case Study", Universidade do Porto.
- Hines, Peter e David Taylor. 2000. "Going lean". Cardiff, UK: *Lean Enterprise Research Centre Cardiff Business School*.
- INEGI. 2011. "INEGI - driving science & innovation". Acedido a 03-03-2015. <http://www.inegi.pt/inicial.asp?LN=>.

- Institute, Kaizen. 2015. "O que é Kaizen?". Acedido a 09-04-2015. <http://pt.kaizen.com/home.html>.
- Liker, Jeffrey K. 2004. *The Toyota way 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. New York [etc.]: McGraw Hill.
- Lisboa, Oceanário de. 2011. "Oceanário de Lisboa". Acedido a 04-03-2015. <http://www.oceanario.pt/>.
- Lourenço, Emanuel, António Baptista, João Pereira e Célia Dias Ferreira. 2013. "Multi-Layer Stream Mapping® as a Combined Approach for Industrial Processes Eco-efficiency Assessment". Comunicação apresentada em 20th CIRP international conference on life cycle engineering, em Singapore.
- Manos, Tony. 2006. "Value stream mapping—An introduction". *Quality Progress* no. 39 (6):64-69.
- Manotas Duque, Diego Fernando e Leonardo Rivera Cadavid. 2007. "Lean Manufacturing Measurement: The relationship between lean activities and lean metrics ". *Estudios Gerenciales* no. 23:69-83.
- Ohno, Taiichi. 1978. *Toyota production system beyond large-scale production*. Portland: Productivity.
- Parmenter, David. 2010. *Key performance indicators (KPI): developing, implementing, and using winning KPIs*. John Wiley & Sons.
- Pinto, João Paulo. 2009. *Pensamento LEAN a filosofia das organizações vencedoras*. Vol. 3.^a ed. Lisboa [etc.]: Lidel - Edições Técnicas, Ld.^a.
- Rahani, A. R. e Muhammad al-Ashraf. 2012. "Production Flow Analysis through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study". *Procedia Engineering* no. 41 (0):1727-1734.
- Ribeiro, Inácio Manuel Carvalho. 2013. "Gestão de multi-projeto no processo de desenvolvimento de produto", Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Ribeiro, Sandra Daniela Martins. 2011. "Leanness na manutenção aeronáutica: o caso FAP", Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Rohac, Tomas e Martin Januska. 2015. "Value Stream Mapping Demonstration on Real Case Study". *Procedia Engineering* no. 100 (0):520-529.
- Rother, Mike e John Shook. 1999. *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. Brookline, Massachusetts, USA: Lean Enterprise Institute, Incorporated.
- Sami Al, Smadi. 2009. "Kaizen strategy and the drive for competitiveness: challenges and opportunities". *Competitiveness Review* no. 19 (3):203-211. Acedido a 2015/06/19. <http://dx.doi.org/10.1108/10595420910962070>.
- Soares, Daniel João Pimentel. 2013. "Aplicação da metodologia de “Lean Management” no processo de desenvolvimento de produto", Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Vargas, Rodrigo. 2009-2015. Lean Manufacturing - Reduzindo desperdícios e aumentando a qualidade! <http://www.gestaoindustrial.com/>.
- Vieira, Nuno André Maia 2014. "Aplicação do Multi-Layer Stream Mapping® para a gestão da eficiência de recursos e produtividade de um sistema de produção", Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

- Womack, J.P. e D.T. Jones. 1996. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York: Simon & Schuster.
- Womack, James e Daniel T. Jones. 2003. *Lean thinking banish waste and create wealth in your corporation*. Vol. Revised and updated. New York: Free Press.
- Womack, James, Daniel T. Jones e Daniel Roos. 1990. *The machine that changed the world*. New York Toronto: Rawson Associates Maxwell MacMillan International Collier-Macmillan Canada.

ANEXO A: Dashboards mensais das variáveis de Biologia

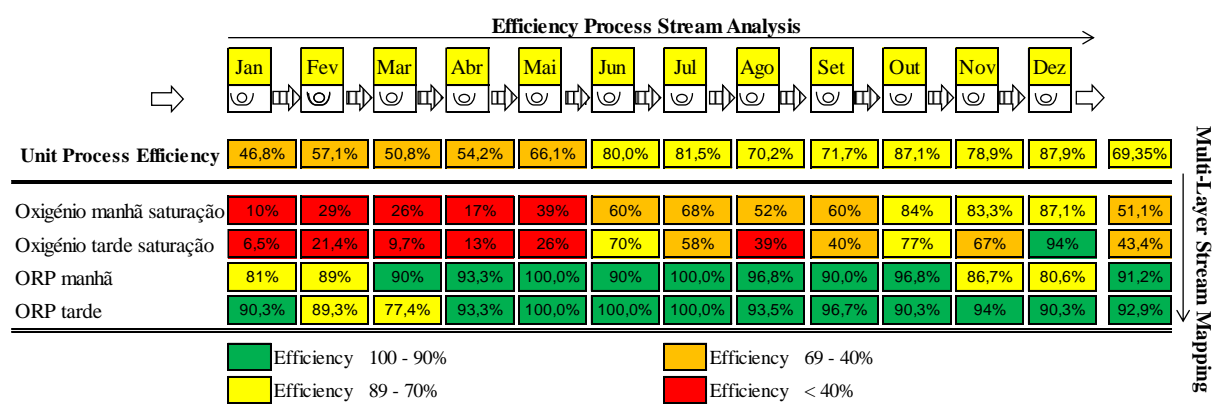


Figura 1 - Análise de eficiência MSM mensal de 2009 de fatores biológicos do habitat T-1 que se encontram dentro dos *targets*

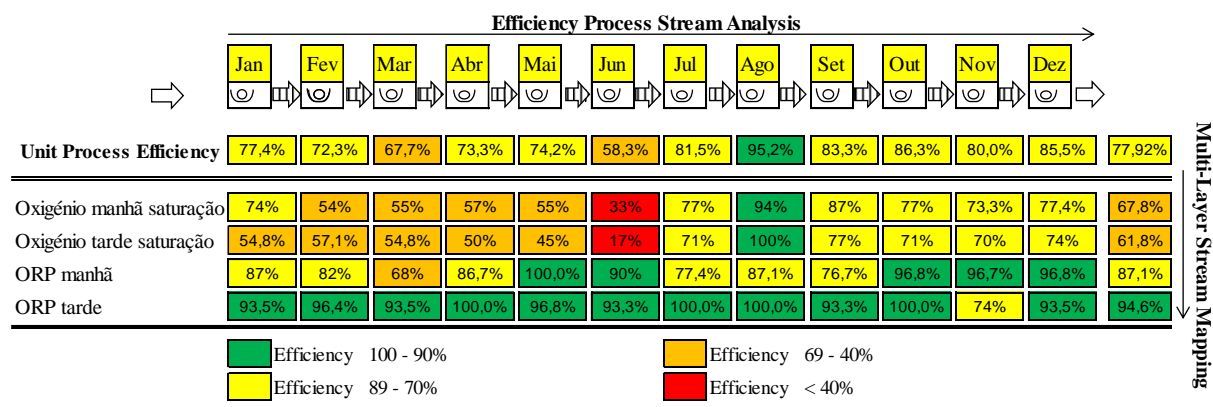


Figura 2 - Análise de eficiência MSM mensal de 2010 de fatores biológicos do habitat T-1 que se encontram dentro dos *targets*

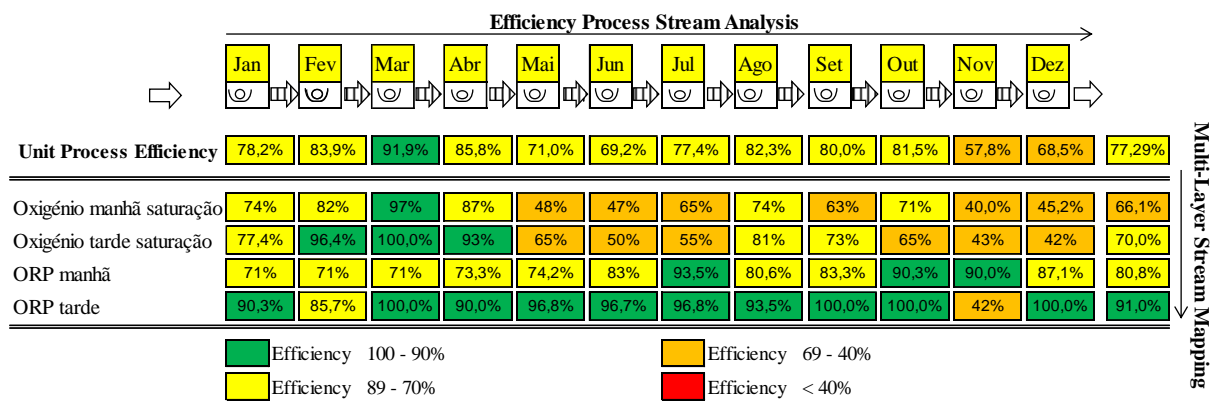


Figura 3 - Análise de eficiência MSM mensal de 2011 de fatores biológicos do habitat T-1 que se encontram dentro dos *targets*

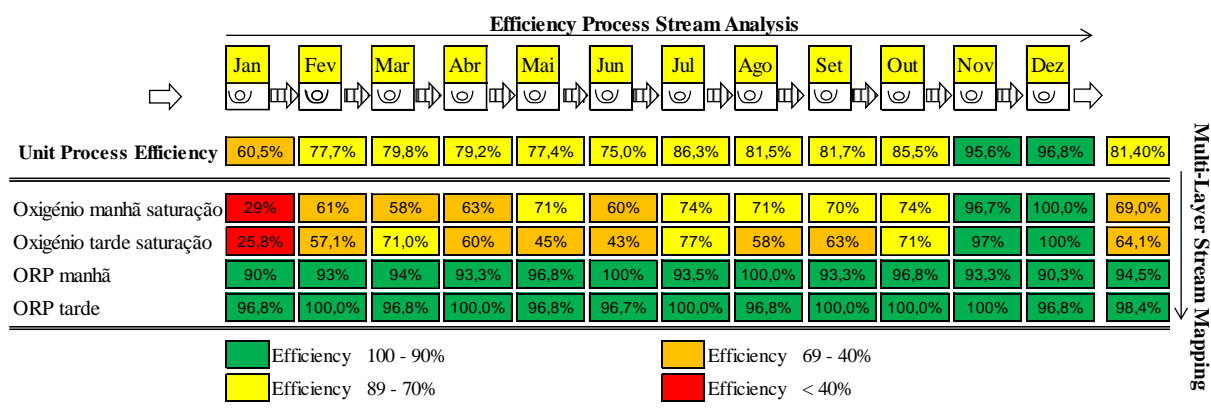


Figura 4 - Análise de eficiência MSM mensal de 2012 de fatores biológicos do habitat T-1 que se encontram dentro dos *targets*

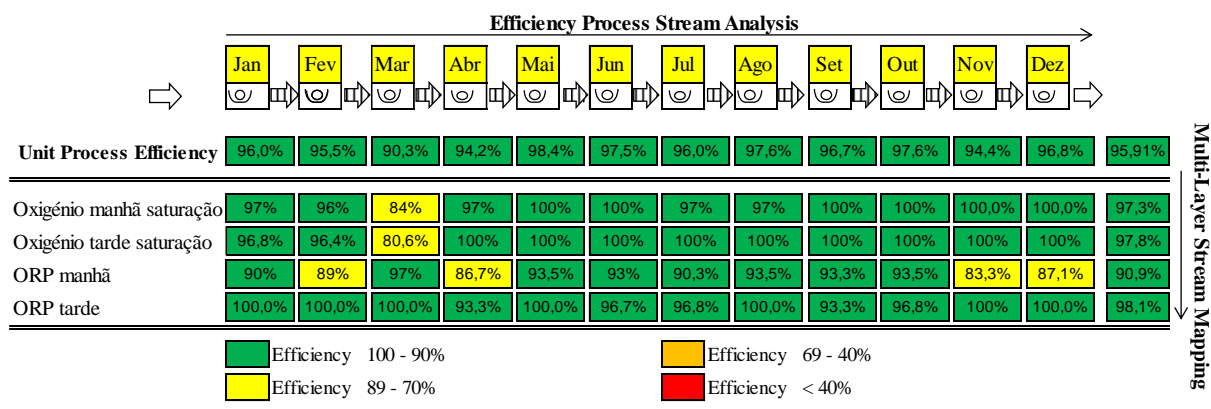


Figura 5 - Análise de eficiência MSM mensal de 2013 de fatores biológicos do habitat T-1 que se encontram dentro dos *targets*

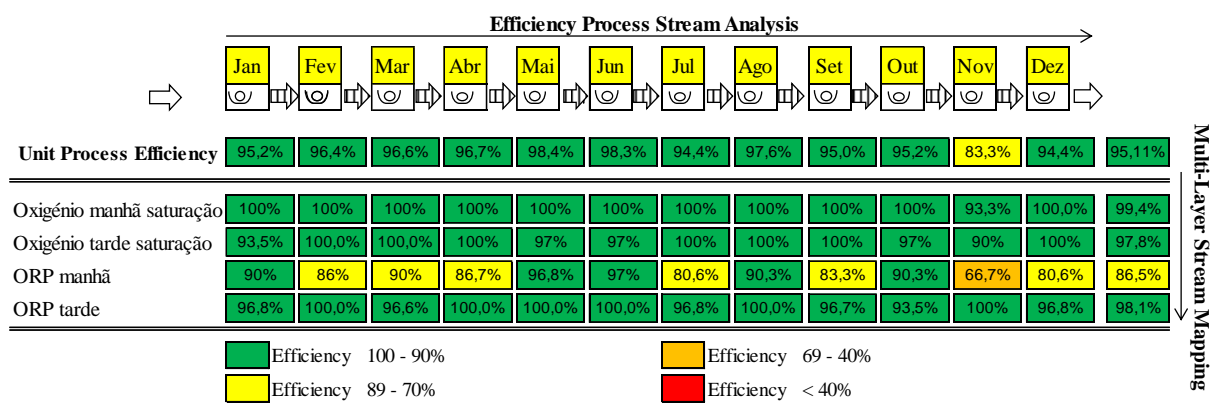


Figura 6 - Análise de eficiência MSM mensal de 2014 de fatores biológicos do habitat T-1 que se encontram dentro dos *targets*

ANEXO B: Diagrama de Pareto para o consumo de água nos diferentes edifícios

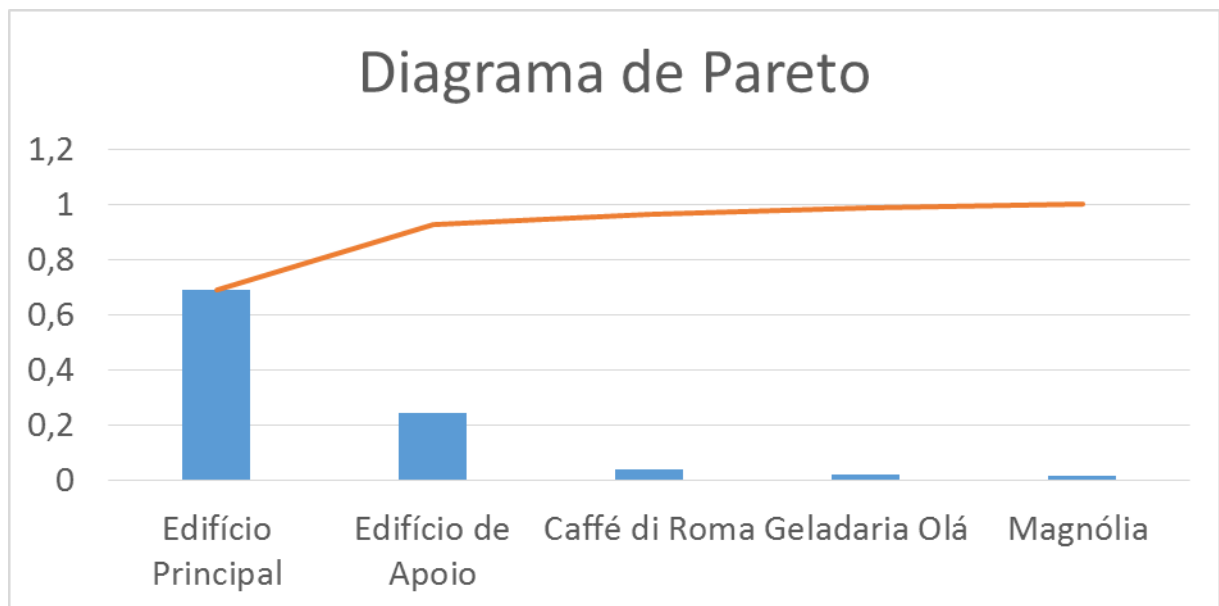


Figura 1 – Diagrama de Pareto do consumo de água nos diferentes edifícios